

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

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO E
CAPIM-PAIAGUÁS EM DIFERENTES SISTEMAS
FORRAGEIROS E ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Autora: Suelen Soares Oliveira
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa
Coorientador: Prof. Dr. Wender Ferreira de Souza

RIO VERDE – GO
Agosto – 2016

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

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO E
CAPIM-PAIAGUÁS EM DIFERENTES SISTEMAS
FORRAGEIROS E ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Autora: Suelen Soares Oliveira
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa
Coorientador: Prof. Dr. Wender Ferreira de Souza

"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
Agosto – 2016

o48p

Oliveira, Suelen Soares.

Produção e qualidade da silagem de sorgo e capim-paiaguás em diferentes sistemas forrageiros e estágio de maturação / Suelen Soares Oliveira. Rio Verde. - 2016.

53. : il.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, 2016.

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

Biografia.

1. Composição bromatológica. 2. Perfil fermentativo. 3. *Urochloa brizantha*. I. Costa, Kátia Aparecida de Pinho, orient. II. Souza, Wender Ferreira, co-orient. III. Título.

CDD 637.1

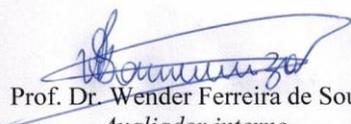
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SILAGEM DE SORGO E
CAPIM-PAIAGUÁS EM MONOCULTIVO E CONSORCIADO
EM DIFERENTES SISTEMAS FORRAGEIROS**

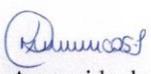
Autora: Suelen Soares Oliveira
Orientadora: Kátia Aparecida de Pinho Costa

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 31 de agosto de 2016.


Prof. Dr. Wender Ferreira de Souza
Avaliador interno
IF Goiano/RV


Prof.^a. Dr.^a. Alliny das Graças Amaral
Avaliadora externa
UEG


Prof.^a. Dr.^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa
Presidente da banca
IF Goiano/RV

“A aprendizagem é feita pela conduta ativa do aluno, que aprende mediante o que ele faz e não o que faz o professor”.

Ralph W. Tyle

DEDICO

A Deus, à minha mãe Arlete Soares Oliveira, a meu irmão Denis Soares Oliveira, a meu pai Antônio Santos Oliveira, aos amigos, colegas de trabalho e orientadores, pelo apoio, força, incentivo, companheirismo e amizade.

Sem eles, nada disso teria sido possível.

OFEREÇO

À minha mãe e a meu irmão que me apoiaram nessa longa caminhada, cada um à sua maneira. A meu pai que, mesmo distante, nas horas difíceis sempre esteve presente. À minha orientadora Kátia Aparecida de Pinho Costa, que, após tantos anos sem trabalhar juntas, me acolheu em seu laboratório de Forragicultura.

Muito Obrigada a todos vocês!!!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por todos os dias nesta caminhada, mesmo quando não tinha mais força, me amparou e me ajudou nesta jornada, pelas conquistas de oportunidades, pois ainda tenho muito para percorrer, sendo este mais um degrau percorrido nesta jornada.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, pelo apoio à minha participação no mestrado.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Kátia Aparecida de Pinho Costa, por ter me aceito nesta jornada, por seu apoio e amizade, além de sua dedicação e competência.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Wender Ferreira de Souza, pelos conhecimentos repassados e especial atenção nas revisões e sugestões, fatores fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e a todos os professores, pelos conhecimentos repassados e pela oportunidade de ter dado continuidade à minha formação, à secretaria do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Aos meus familiares e amigos que tanto me apoiaram e me perdoaram por nesses dois anos não conseguir estar tão presente como queria.

Aos colegas de laboratório, Dr. Wender, Dr. Victor, Dr. Itamar, Patrícia, Raoni, Analu, Charles, Eduardo, Daniel, Jessika, Wayron, Millena, Hemylla e Cecília, pela calorosa recepção e companheirismo, sem a ajuda de vocês, seria difícil a conclusão deste trabalho.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Suelen Soares Oliveira, filha de Antônio Santos Oliveira e Arlete Soares Oliveira, nasceu na cidade de Rio Verde-GO, no dia 19 de fevereiro de 1986.

No segundo semestre de 2005, iniciou o curso de Bacharelado em Zootecnia, pela Universidade de Rio Verde – FESURV, no município de Rio Verde - GO, concluindo sua graduação em agosto de 2009.

Especialização pela Faculdade Associadas de Uberaba, FAZU, em Pecuária Leiteira de 2013 a 2014.

No segundo semestre de 2014, submeteu-se ao processo seletivo do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde, ingressando no Programa e atuando na área de Forragicultura e Pastagens.

Em agosto de 2016, submeteu à banca avaliadora sua dissertação, intitulada Produção e qualidade da silagem de sorgo e capim-paiaguás em diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	vii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES	Viii
RESUMO GERAL	Ix
GENERALABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
OBJETIVOS GERAL	6
CAPÍTULO 1. PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO E CAPIM-PAIAGUÁS EM DIFERENTES SISTEMAS FORRAGEIROS E ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO	7
RESUMO	7
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO	11
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CONCLUSÃO GERAL	37

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Proporção do material ensilado das forrageiras dos diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.	15
Tabela 2. Composição químico-bromatológica do sorgo e capim-paiaguás em monocultivo e consorciados em diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.	16
Tabela 3. Produção de massa seca do material ensilado das forrageiras dos diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.....	18
Tabela 4. Características fermentativas das silagens dos sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.	20
Tabela 5. Concentração de ácidos orgânicos das silagens dos sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.....	23
Tabela 6. Teores de FDN, FDA, lignina, hemicelulose e celulose das silagens dos sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.	25
Tabela 7. Teores de PB, MM, NDT, EE e DIVMS das silagens dos sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.....	28

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

m ²	Metro quadrado
kg	Quilograma
há	Hectare
%	Porcentagem
cm	Centímetro
g	Gramas
M.O.	Matéria orgânica
mg	Miligrama
pH	Potencial Hidrogeniônico
mm	Milímetro
mL	Mililitro
MS	Matéria seca
PB	Proteína bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
EE	Extrato etéreo
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
AW	Tropical úmido
NT	Nitrogênio Total
N-NH ₃	Nitrogênio amoniacal
pH	Potencial Hidrogeniônico
CT	Capacidade tampão
GO	Goiás

RESUMO GERAL

A sazonalidade de produção das plantas forrageiras, gerada por baixas temperaturas, umidade e luminosidade insuficiente em parte do ano, exige planejamento e execução de práticas que visem à conservação de forragem para alimentação animal na entressafra. Neste contexto, a utilização de silagens tem sido uma solução para períodos de baixa produção de forragens, proporcionando alimento de qualidade, utilizado na alimentação de ruminantes. Em busca de sustentabilidade para os sistemas de produção, recentemente têm sido utilizados sistemas consorciados de cultura anual com forrageira tropical, através da integração agricultura-pecuária para a produção de silagem. Sendo assim, objetivou-se avaliar a produção de massa seca, parâmetros fermentativos, composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silagem de sorgo e capim-paiaguás em diferentes estádios de maturação. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco sistemas forrageiros: sorgo em monocultivo; capim-paiaguás em monocultivo; sorgo consorciado com o capim-paiaguás na linha; sorgo consorciado com o capim-paiaguás na entrelinha; sorgo consorciado com o capim-paiaguás em sobressemeadura; e três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo). O sorgo utilizado foi o híbrido Buster, granífero, de porte baixo. As forrageiras foram colhidas utilizando roçadeira costal, tendo o material sido picado em partículas de 10 mm. O material foi armazenado em silos experimentais de PVC. Após 50 dias de fermentação, os silos foram abertos, parte da silagem *in natura* após abertura dos silos foi separada para serem analisados os parâmetros fermentativos e a composição bromatológicas da silagem. Os resultados mostraram que as silagens de sorgo com capim-paiaguás em sistemas consorciados proporcionaram maior produtividade por área, tendo o estágio farináceo apresentado maior produção de massa

seca. A silagem de capim-paiaguás em monocultivo apresentou maiores valores de capacidade tampão, pH, nitrogênio amoniacal e proteína bruta (PB) e menores valores de matéria seca e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em todos os estádios de maturação. Houve acréscimo nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais e redução da DIVMS nas silagens no estágio farináceo. O consórcio do sorgo com capim-paiaguás em sistemas consorciados de integração lavoura-pecuária pode se tornar interessante, por minimizar os transtornos provenientes dos processos fermentativos das silagens de gramíneas em monocultivo e melhorar a qualidade da silagem, mostrando ser uma estratégia vantajosa para a produção de volumosos suplementares.

Palavras-chave: *Urochloa brizantha*, conservação de forragem, integração lavoura-pecuária, valor nutritivo.

GENERAL ABSTRACT

The seasonal production of forage plants, generated by low temperatures, humidity, and insufficient light in part of the year requires planning and implementing practices aiming the forage conservation for animal feed in the off-season. In this context, the use of silage has been the solution to the low production periods of forage, providing food quality for ruminants. Seeking out sustainability for production systems, intercropping systems of annual crop have recently been used with tropical forage through agriculture-livestock integration for the silage production. Thus, this study aimed to evaluate the dry matter production, fermentative parameters, bromatological composition, and *in vitro* digestibility of dry matter of sorghum silage and paiaguás palisadegrass in different maturation stages. The experiment was carried out at the Federal Institute of Goiás, Rio Verde Campus, Goiás State, Brazil. The experimental design was completely randomized with four replicates, in 5 x 3 factorial scheme, in five forage systems: (a) sorghum monoculture; (b) paiaguás palisadegrass monoculture; (c) sorghum intercropped with paiaguás palisadegrass on the line; (d) sorghum intercropped with paiaguás palisadegrass among rows; (e) sorghum intercropping with overseeded paiaguás palisadegrass and three maturity stages (milky, pasty, and mealy). The used sorghum was hybrid Buster, a sorghum crops, low size. The forages were harvested using costal mowing; and the material was crushed in 10 mm particles. The material was stocked in PVC experimental silos. After fifty days of fermentation, the silos were opened; after opening, part of *in natura* silage was separated for analyzing its fermentative parameters and bromatological composition. Results showed that the sorghum silage with paiaguás palisadegrass in intercropping systems provided greater productivity per area, and the mealy stage showed higher dry matter production. Paiaguás palisadegrass silage in monoculture showed higher values of buffering

capacity, pH, ammonia nitrogen, and crude protein (CP); and showed lower values of dry matter and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM) in all maturation stages. There was increase in the fiber content in neutral detergent, acid detergent fiber, lignin, crude protein, and total digestible nutrients; and there was reduction of IVDDM in silages in mealy stage. Sorghum consortium with paiaguás palisadegrass in intercropping systems of crop-livestock integration can become interesting to minimize the disruption from the silage fermentative processes in monoculture grasses, and can improve the silage quality, proving to be an advantageous strategy for producing bulky supplementaries.

Keywords: *Urochloa brizantha*. Forage conservation. Crop-livestock integration systems. Nutritional value.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Frente às transformações ocorridas recentemente no panorama econômico nacional e mundial, todos os setores da economia tiveram que se adaptar à nova perspectiva do mundo globalizado, em que só se sobressaem ou mesmo sobrevivem as atividades e/ou empresas cada vez mais produtivas e eficientes. Portanto, as propriedades rurais tiveram que ser administradas como empresas, exigindo dos produtores e técnicos, adoção de novas tecnologias de maneira a minimizar custos, aumentando a lucratividade da empresa (Acedo, 2007).

Entretanto, um dos principais entraves que afetam diretamente a produção de bovinos nos trópicos é a baixa produtividade, atribuída à sazonalidade na oferta de alimento proveniente de pastagens, alternando-se períodos em que a disponibilidade e a qualidade da forragem são elevadas, com períodos em que há comprometimento no crescimento das plantas, decorrente de variações nos elementos do clima. Por consequência, essa situação se reflete no desempenho produtivo dos animais mantidos a pasto, resultando em períodos de safra e entressafra de produtos.

Diante desta realidade, há que se fazer um ajuste entre demanda e suprimento de forragem, por meio de adequado planejamento alimentar, objetivando atenuar a escassez de forragem no período seco, possibilitando, assim, a uniformidade da produção animal ao longo do ano.

A conservação de forragens tropicais tem se tornado cada vez maior na produção animal, como forma de utilização do excedente de forragem produzida no período chuvoso para minimizar a questão de escassez de alimento. Adicionalmente, o crescente interesse na produção de silagens de capins se deve, em parte, ao avanço das técnicas de ensilagem, bem como ao surgimento de máquinas mais eficientes para colheita específica das forrageiras de porte baixo ou médio (Negrão et al., 2016).

No entanto, ainda que o milho represente um dos principais segmentos do agronegócio brasileiro em decorrência do valor da produção agropecuária, vários fatores são responsáveis também pelo destaque da cultura do sorgo na integração agricultura-pecuária, podendo ser citado o fato de a cultura apresentar de 85 a 90% do valor nutritivo do milho, tolerância a déficits hídricos ocasionais, menor exigência em fertilidade do solo e redução dos custos de produção (Resende et al., 2016).

Adicionalmente, a cultura do sorgo para a ensilagem vem crescendo e representa grande percentual da área total cultivada para silagem no Brasil. Possivelmente, por apresentar alto rendimento de massa seca por hectare, com teores adequados de matéria seca (30% a 35%) no momento da ensilagem, teor de carboidratos solúveis maior que 10%, baixa capacidade tampão, possibilidade de rebrota e estrutura física, favorecendo a compactação no silo (Oliveira et al., 2010).

Culturas anuais graníferas como milho e sorgo estão sendo amplamente consorciadas com espécies forrageiras do gênero *Urochloa*, pela sua capacidade competitiva quando em consórcios. Essas forrageiras têm ocupado lugar de destaque no consórcio de culturas, apresentando grande produtividade de massa seca, tanto da parte aérea quanto radicular, boa cobertura do solo, agressividade na formação, melhoria nas propriedades físicas do solo, além do eficiente controle de plantas daninhas (Borghetti et al., 2007). Neste contexto, o capim-paiaguás tem se destacado pela sua produtividade, vigor e produção de sementes, além do alto potencial de produção durante a estação seca, com alta porcentagem de folhas e bom valor nutricional (Costa et al., 2016; Euclides et al., 2016).

Nesse contexto, o potencial produtivo das gramíneas tropicais é um fator favorável que tem destacado a produção de silagens, evidenciando assim que o potencial dessas gramíneas deve ser mais bem estudado para que mais informações tecnológicas cheguem aos produtores. Diante disso, é notável que as silagens de capins tenham algumas vantagens interessantes como elevada produção anual por área, perenidade, baixo risco de perda e maior flexibilidade de colheita (Crusciol et al., 2011). Entretanto, têm também alguns aspectos desfavoráveis, como baixo teor de carboidratos solúveis, necessários para uma fermentação adequada, baixo teor de matéria seca no momento do corte, alta capacidade tampão, baixa população autóctone de bactérias produtoras do ácido lático e menor teor energético, em comparação com o milho ou sorgo.

Um aspecto importante a ser considerado é o ponto de corte, que deve ser feito no estágio vegetativo quando a planta estiver no seu “ponto de equilíbrio” entre produção de massa seca e qualidade nutricional, fundamental para uma adequada fermentação (Chizzotti et al., 2005).

No entanto, conforme Neumann et al. (2002), a produção de silagem de alta qualidade depende, entre outros fatores, principalmente do rendimento de massa seca por unidade de área, associado a boas características nutritivas das porções constituintes da planta. Para otimizar a colheita de nutrientes dessas plantas forrageiras, o corte deve ser feito em idade mais jovem, quando a forrageira apresenta baixo teor de matéria seca. Nesse contexto, como o avanço do estágio de maturação do sorgo é um dos principais responsáveis por variações em fatores que influenciam na qualidade da silagem produzida, conseqüentemente, esse fato ocorre com os teores de matéria seca, das frações fibrosas e da digestibilidade da silagem produzida (Quintino et al., 2016).

Desta forma, buscam-se alternativas para a produção de silagem de culturas consorciadas, que possibilitem a melhoria do perfil fermentativo, e boas características químico-bromatológicas da massa ensilada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEDO, T.S. Suplementação múltipla para bovinos manejados a pasto. 2007. 112f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – UFV, Viçosa. 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C.M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J.P.F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes, consorciados com capim marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1234-1240, 2011.

CHIZZOTTI, F.H.M.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; GARCIA, R.; CHIZZOTTI, M.L.; LEÃO, M.I.; PEREIRA, D.H. Consumo, digestibilidade total e desempenho de novilhos nelore recebendo dietas contendo diferentes proporções de silagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, suplemento, 2005.

COSTA, R.R.G.F.; COSTA, K.A.P.; SANTOS, C. B.; SEVERIANO, E.C.; EPIFÂNIO, P.S.; SILVA, J. T.; TEIXEIRA, D.A.A.; SILVA, V.R. Production and nutritional characteristics of pearl millet and Paiaguas palisadegrass under different forage systems and sowing periods in the offseason. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 19, p. 1712-1723, 2016.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo Sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.1, p.61-67, 2010.

QUINTINO, A.da C.; ALMEIRA, R.G.; ABREU, J.G.; MACEDO, M.C.M. Características morfogênicas e estruturais do capim-piatã em sistema de integração lavoura-pecuária. **Veterinária e Zootecnia**, v.23, n.1, p.131-138, 2016.

NEGRÃO, F. de M.; ZANINE, A. de M.; SOUZA, A. L. de; CABRAL, L. da S.; FERREIRA, D. de 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 Saúde Produção Animal**, v.17, n.1, p.13-25, 2016.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITE, M.Z.; CERDÓTES, L.; PEIXOTO, L.A.O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p. 302-312, 2002.

REZENDE, B.P.M.; JAKELAITIS, A.; TAVARES, C.J.; MARANGONI, R.E.; CUNHA, P.C.R. Consórcio de sorgo com espécies forrageiras. **Revista Agro@ambiente**, v. 10, n. 1, p. 57 - 64, 2016.

OBJEJTIVOS GERAIS

- Avaliar a produção de massa seca da silagem do sorgo e capim-paiaguás em diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação.
- Avaliar características fermentativas da silagem do sorgo e capim-paiaguás em diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação.
- Avaliar as características químico-bromatológicas e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silagem do sorgo e capim-paiaguás em diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação.

CAPITULO 1

PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO E CAPIM-PAIAGUÁS EM DIFERENTES SISTEMAS FORRAGEIROS E ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO: Em busca de sustentabilidade para os sistemas de produção, recentemente têm sido utilizados sistemas consorciados de cultura anual com forrageira tropical, através da integração agricultura-pecuária, para a produção de silagem. Diante disso, objetivou-se avaliar a produção de massa seca, parâmetros fermentativos e o valor nutricional das silagens de sorgo e capim-paiaguás em diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação, na safrinha. O experimento foi conduzido em Rio Verde, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco sistemas forrageiros: sorgo em monocultivo; capim-paiaguás em monocultivo; sorgo consorciado com o capim-paiaguás na linha; sorgo consorciado com o capim-paiaguás na entrelinha; sorgo consorciado com o capim-paiaguás na sobressemeadura; e três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo). Os resultados mostraram que silagens de sorgo com capim-paiaguás em sistemas consorciados, proporcionaram maior produtividade por área, tendo o estágio farináceo apresentado maior produção de massa seca. A silagem de capim-paiaguás em monocultivo apresentou maiores valores de capacidade tampão, pH, nitrogênio amoniacal e proteína bruta (PB) e menores valores de matéria seca e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em todos os estádios de maturação. Houve acréscimo

nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais e redução da DIVMS nas silagens no estágio farináceo. O consórcio do sorgo com capim-paiaguás em sistemas consorciados de integração lavoura-pecuária pode se tornar interessante, por minimizar os transtornos provenientes dos processos fermentativos das silagens de gramíneas em monocultivo e melhorar a qualidade da silagem, mostrando ser uma estratégia vantajosa para a produção de volumosos suplementares.

Palavras-chave: *Urochloa brizantha*, consórcio, ensilagem, fermentação, valor nutritivo.

CHAPTER 1

PRODUCTION AND QUALITY OF SORGHUM SILAGE AND PAIAGUÁS PALISADEGRASS IN DIFFERENT FORAGE SYSTEMS AND MATURITY STAGES

ABSTRACT: Seeking out sustainability for production systems, intercropping systems of annual crop have recently been used with tropical forage through agriculture-livestock integration for silage production. Thus, this paper aimed to evaluate the dry matter production, fermentative parameters, and the nutritional value of sorghum silage and Paiaguas palisadegrass in different forage systems and maturation stages, in the off-season. The experiment was carried out in Rio Verde municipality, Goiás State, Brazil, in a completely randomized design with four replicates, in 5 x 3 factorial scheme, and five forage systems: (a) sorghum in monoculture; (b) Paiaguas palisadegrass in monoculture; (c) sorghum intercropped with Paiaguas palisadegrass on the line; (d) sorghum intercropped with Paiaguas palisadegrass among rows; (e) and a sorghum intercropped with overseeded Paiaguas palisadegrass and three maturity stages (milky, pasty, and mealy). Results showed that the sorghum silage with Paiaguas palisadegrass in intercropping systems provided higher productivity per area, and the mealy stage showed higher dry matter production. The silage from Paiaguas

palisadegrass in monoculture showed higher values for buffering capacity, pH, ammonia nitrogen, and crude protein (CP); and showed lower values for dry matter and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM) in all maturation stages. There was increase in fiber content in neutral detergent, acid detergent fiber, lignin, crude protein and total digestible nutrients; and there was reduction of IVDDM in silages of mealy stage. Sorghum consortium with Paiaguas palisadegrass in intercropping systems of crop-livestock integration can become interesting to minimize the disruption from the fermentative processes from silages of grasses in monoculture, and can improve the silage quality, proving to be an advantageous strategy for production bulky supplementaries.

Keywords: *Urochloa brizantha*. Consortium. Silage. Fermentation. Nutritional value.

INTRODUÇÃO

Em decorrência da sazonalidade das pastagens, as forrageiras tropicais não fornecem quantidades de nutrientes satisfatórias para atender as exigências dos animais. Desta forma, são necessárias alternativas que atendam à demanda crescente de volumosos em qualidade e quantidade ao longo do ano, sendo assim, a produção de silagem pode suprir o déficit alimentar no período seco do ano (Ribeiro et al., 2011).

Recentemente, foi desenvolvido um novo sistema de integração agricultura-pecuária, destinado, principalmente, aos pecuaristas, para recuperação de pastagens e, ao mesmo tempo, produção de silagem, denominado Sistema Santa Ana (Embrapa Cerrados, 2016).

O sistema de integração agricultura-pecuária vem ganhando destaque por apresentar vantagens em relação aos sistemas de monocultivo, pela consorciação de culturas anuais com forrageiras perenes (Costa et al., 2016). Assim, o interesse nesse modelo de exploração se sustenta nos benefícios, sendo destaque: maximizar o uso da terra, da infraestrutura e da mão de obra, diversificar produção, minimizar custos, diminuição de perdas totais, sequestro de carbono, mitigação das emissões de gases de efeito estufa, além de agregar valores aos produtos agropecuários, mantendo a sustentabilidade (Quintino et al., 2016).

A adequação a essas novas tecnologias é necessária, tendo em vista a crescente preocupação mundial em relação às mudanças do clima no planeta, decorrentes, principalmente, das emissões de dióxido de carbono e de outros gases de efeito estufa, como o metano (Carvalho et al., 2010), que é muito produzido na pecuária com baixa disponibilidade de forragem.

Nesse sentido, é importante a produção de alimentos em sistemas consorciados de cultura anual e forrageira tropical, visto que, além de todos esses benefícios, aumenta a produção de massa seca da silagem, sendo uma alternativa promissora para fornecer alimento em período de baixa a disponibilidade de forragem. Assim, faz-se necessária a pesquisa por sistemas de produção eficientes e com flexibilidade para se adequar a essas exigências e garantir a competitividade aos produtores e a sustentabilidade socioambiental (Leonel et al., 2009).

Entre as forrageiras indicadas para a ensilagem, a cultura do sorgo vem crescendo e representa grande percentual da área total cultivada para silagem no Brasil. Possivelmente, por apresentar alto rendimento de massa seca por hectare, tendo como diferenciais menor sensibilidade ao fotoperíodo e à deficiência de água, quando comparado ao milho, além da possibilidade de rebrota (Oliveira et al., 2010), o sorgo apresenta características agronômicas satisfatórias para o plantio durante a safrinha (Ali et al., 2009). Além disso, as características da planta de sorgo favorecem o processo fermentativo, pelo teor de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão, destacando-se como alimento energético importante na alimentação de ruminantes (Colombini et al., 2012).

Também tem crescido a utilização de gramíneas tropicais para produção de silagem. Os principais pontos que justificam a ensilagem de gramíneas do gênero *Urochloa* são: alta produtividade anual por área, perenidade, baixo risco de perda e maior flexibilidade de colheita. 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 gramíneas tropicais têm também 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 (Ávila et al., 2006) e menor teor energético (Perim et al., 2014). Sendo assim, a silagem de sorgo consorciado com *Urochloa* é uma opção para minimizar esses problemas.

Por outro lado, a qualidade e o valor nutritivo de uma silagem dependem fundamentalmente do estágio de maturação no momento do corte, que influencia no processo fermentativo, refletindo diretamente na composição química e, por conseguinte, no desempenho animal (Machado et al., 2012).

Durante a ensilagem, a maior porcentagem do componente panícula na estrutura da planta confere maior valor nutritivo à silagem, podendo estar correlacionado ao estágio de maturação no momento do corte, o que refletirá no processo fermentativo. A panícula é o componente mais importante para produção de silagem, com níveis energéticos adequados, principalmente pela deficiência energética das gramíneas tropicais (Macedo et al., 2012). Assim, faz-se necessário avaliar o ponto adequado de maturação das forrageiras para produção de silagem de qualidade.

A produção de silagem dessas forrageiras em sistemas consorciados pode viabilizar a substituição das silagens padrão, podendo reduzir o custo de produção da ensilagem. Sendo assim, objetivou-se avaliar a produção de massa seca, parâmetros fermentativos e o valor nutricional das silagens de sorgo e capim-paiaguás em diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação, na safrinha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo (17°48' S; 50°55' W; e 748 m de altitude) no município de Rio Verde, Goiás, na safrinha de 2015, em um Latossolo Vermelho distroférico (Embrapa, 2013), com 500 g kg⁻¹ de argila. Antes da implantação, foram coletadas amostras de solo, na camada de 0-20 cm, para determinação das características químicas da área experimental: pH em CaCl₂: 5,51; Ca: 2,20; Mg: 0,91; Al: 0,01; Al+H: 3,30; K₂O: 0,09 e CTC: 6,51 em cmol_c dm⁻³; P: 0,34; Cu: 2,2; Zn: 0,4; Fe: 14,4 em mg dm⁻³; e M.O.: 28,70 g dm⁻³.

O preparo da área foi feito pela dessecação das plantas daninhas com o herbicida Transorb (3,5 L ha⁻¹), com volume de calda de 150 L ha⁻¹. Trinta dias após a dessecação, foi feita a gradagem, com grade aradora, para eliminação das ervas daninhas não controladas pelo herbicida, seguida de uma grade subsoladora e niveladora. Uma semana antes da implantação do ensaio, foi feita uma segunda operação de gradagem niveladora.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco sistemas forrageiros: sorgo em monocultivo; capim-paiaguás em monocultivo; sorgo consorciado com o capim-paiaguás na linha; sorgo consorciado com o capim-paiaguás na entrelinha; sorgo consorciado com o capim-paiaguás sobressemeadura; e três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo), totalizando 45 silos experimentais. O sorgo utilizado foi o híbrido Buster, granífero, de porte baixo.

A área de cada parcela foi de 1040m². A semeadura foi feita em 24 janeiro de 2015, com uso de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de FTE BR 12. Em todos os tratamentos, foram utilizados os espaçamentos de 50 cm. O sorgo em monocultivo e consorciado foi semeado a 3 cm de profundidade. O capim-paiaguás no plantio em linha foi semeado a 6 cm de profundidade; na entrelinha, a 0,25 m da linha do sorgo; e na

sobressemeadura, foi semeado aos 15 dias após a semeadura do sorgo nas entrelinhas a 0,25 m.

Foram utilizados para o sorgo 12 sementes por metro e para as espécies forrageiras, 5 kg de sementes puras viáveis por hectare. Aos 30 e 50 dias após semeadura (DAS), foram aplicados, a lanço, 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 80 kg ha⁻¹ K₂O na forma de ureia e cloreto de potássio, respectivamente.

Para controle das plantas daninhas em pós-emergência, foram feitas capinas manuais semanalmente até 50 DAS. Foi feito controle da lagarta *Spodoptera frugiperda*, com duas aplicações do inseticida Losbam (1 L ha⁻¹) e Nomolt (50 ml ha⁻¹) aos 15 e 30 DAS. Para o controle de fungos, foi aplicado o fungicida Piori Extra (Azoxtrobina + ciproconazol) 0,5 litro ha⁻¹ aos 30 DAS.

Para a ensilagem, as forrageiras foram colhidas no ciclo de 94, 100, 108 DAS, para o estágio leitoso, pastoso e farináceo, respectivamente, utilizando roçadeira costal. Para avaliação da produção de massa seca e proporção do material ensilado, foram coletadas plantas inteiras do sorgo e do capim-paiaguás a 20 cm do solo. Em seguida, foi pesada e determinada a proporção entre sorgo e capim-paiaguás em todos os sistemas forrageiros (Tabela 1).

A outra parte do material foi picada em máquina ensiladora estacionária, 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. Posteriormente, foram compactados com pêndulo de ferro e fechados com tampas de PVC e lacrados com fita adesiva de forma a impossibilitar a entrada de ar. Em seguida, os silos experimentais foram mantidos em área coberta, em temperatura ambiente.

Após 50 dias de fermentação, os silos foram abertos, descartando-se a porção superior e a inferior de cada um. A porção central do silo foi homogeneizada e colocada em bandejas de plástico. Parte da silagem *in natura*, após abertura dos silos, foi separada para analisar os parâmetros fermentativos capacidade tampão (eq.mg HCL/100 g MS), pH e nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃ g kg⁻¹ N).

O pH foi determinado com um eletrodo de vidro após a homogeneização de 25 g de silagem, aos quais foram adicionados 100 ml de água destilada, permanecendo em repouso por 1h, para leitura de pH, utilizando potenciômetro. Adicionalmente, 25 g de silagem foram misturados com 200 mL de uma solução de H₂SO₄ (0,2 N), permanecendo em repouso na geladeira por 48 h. Após filtragem em papel de filtro

quantitativo, congelou-se o filtrado para posterior determinação do teor de N-NH₃, pelo método descrito por Bolsen et al. (1992).

Tabela 1. Proporção do material ensilado das forrageiras dos diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.

Sistemas forrageiros	Estádio de maturação					
	Leitoso		Pastoso		Farináceo	
	S (%)	P (%)	S (%)	P (%)	S (%)	P (%)
Sorgo em monocultivo	100	0	100	0	100	0
Capim-paiaguás em monocultivo	0	100	0	100	0	100
Sorgo x paiaguás na linha	73,22	26,78	64,20	35,80	70,35	29,65
Sorgo x paiaguás na entrelinha	62,83	37,17	75,31	24,69	70,55	29,45
Sorgo x paiaguás na sobressemeadura	79,99	20,01	82,11	17,89	82,75	17,25

S: sorgo; P: paiaguás

Para determinação dos ácidos orgânicos, foram pesados 10 g de silagem, misturados a 90 ml de água destilada, batidos no liquidificador por 1 minuto, posteriormente, esse material foi filtrado numa peneira com porosidade de 1 mm. Em seguida, foi adicionado ácido metafosfórico a 10% e congelado para posteriores análises dos ácidos láctico, acético, propiônico e butírico, em cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC), Shimadzu, SPD-10A VP, juntamente com ultravioleta (UV) do detector, a 210 nm de comprimento de onda, de acordo com o método descrito por Kung Jr. e Shaver (2001).

Foram retiradas amostras de aproximadamente 500 g de silagem após abertura de cada silo e da forragem picada antes da ensilagem. Estas amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 ° C durante 72 horas e, em seguida, moídas em moinho de faca tipo “Willey”, com peneira de 1mm, e armazenadas em recipientes de plástico.

As análises químico-bromatológicas foram feitas para determinação de matéria seca (MS) (Método 934,01; AOAC, 1990); matéria mineral (MM) (Método 924,05; AOAC, 1990); proteína bruta (PB), obtida pela determinação do N total, utilizando a técnica de micro-Kjeldahl (Método 920,87; AOAC, 1990) e o fator de conversão fixa (6,25); e extrato etéreo (EE), determinado por gravimetria após extração com éter de petróleo (Método 920,85; AOAC, 1990).

A análise da fibra em detergente neutro (FDN) foi feita segundo Mertens (2002); fibra em detergente ácido (FDA) (Método 973,18; AOAC, 1990); e lignina em ácido sulfúrico (Van Soest e Robertson, 1985). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos usando a equação $\% \text{ NDT} = 105,2 - 0,68 (\% \text{ FDN})$, proposta por Chandler (1990). Para digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), adotamos a técnica descrita por Tilley e Terry (1963), adaptada para o rúmen artificial, desenvolvida pela ANKON®, usando o "Daisy incubadora", da Ankom Technology.

Antes da ensilagem, foi feita análise químico-bromatológica do sorgo e capim-paiaguás em monocultivo e consorciados em diferentes sistemas forrageiros, de acordo com as metodologias descritas na Tabela 2.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SISVAR 4,6 (Ferreira, 2011), e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica do sorgo e capim-paiaguás em monocultivo e consorciados em diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.

Composição	SM	PM	S x PL	S x PE	S x OS
Leitoso					
MS (g kg ⁻¹)	271,5	166,9	259,1	237,2	231,4
PB (g kg ⁻¹)	73,2	118,3	97,1	100,7	87,9
FDN (g kg ⁻¹)	548,9	701,4	657,6	663,5	620,4
FDA (g kg ⁻¹)	312,7	431,4	388,7	380,7	360,5
EE (g kg ⁻¹)	38,4	19,6	26,8	25,7	24,6
NDT (g kg ⁻¹)	687,1	513,9	628,0	610,8	642,9
DIVMS (g kg ⁻¹)	721,2	586,5	620,4	637,8	629,5
Pastoso					
MS (g kg ⁻¹)	311,1	239,0	298,9	298,0	307,9
PB (g kg ⁻¹)	63,7	107,4	78,6	82,9	75,4
FDN (g kg ⁻¹)	582,2	723,0	716,0	737,9	708,0
FDA (g kg ⁻¹)	345,5	447,2	396,5	401,9	381,4
EE (g kg ⁻¹)	41,4	18,9	23,6	27,4	27,7
NDT (g kg ⁻¹)	660,1	526,3	577,5	589,8	606,6
DIVMS (g kg ⁻¹)	708,5	503,5	639,6	656,3	671,4

	Farináceo				
MS (g kg ⁻¹)	361,4	263,8	308,0	290,6	294,7
PB (g kg ⁻¹)	68,7	89,7	70,2	75,9	70,7
FDN (g kg ⁻¹)	604,5	741,8	690,2	688,8	667,2
FDA (g kg ⁻¹)	380,3	467,5	418,5	409,3	413,2
EE (g kg ⁻¹)	45,4	27,5	29,8	25,7	28,6
NDT (g kg ⁻¹)	672,9	504,0	554,7	542,8	564,3
DIVMS (g kg ⁻¹)	714,9	494,9	568,0	580,8	605,3

SM: Sorgo em monocultivo; PM: Paiaguás em monocultivo; S x PL: Sorgo consorciado com capim-paiaguás na linha; S x PE: Sorgo consorciado com capim-paiaguás na entrelinha; S x PS: Sorgo consorciado com capim-paiaguás na sobressemeadura.

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre sistemas forrageiros e estágio de maturação para a produção de massa seca (Tabela 3). Para os sistemas forrageiros, as maiores produções em todos os estádios de maturação foram obtidas nos sistemas consorciados, com aumento de 35,5; 28,6 e 25,4%, em relação aos monocultivos do sorgo e capim-paiaguás, nos estádios leitoso, pastoso e farináceo, respectivamente. Diante deste resultado, vale ressaltar a importância dos sistemas consorciados de cultura anual e forrageira tropical através da integração agricultura-pecuária, com intuito de aumentar o rendimento de massa seca para ensilagem, em comparação aos sistemas de monocultivo das culturas.

Com relação aos estádios de maturação, para o sorgo e capim-paiaguás em monocultivo, as maiores produções foram obtidas nos estádios pastoso e farináceo e para os sistemas consorciados no estágio farináceo.

Tabela 3. Produção de massa seca ($t\ ha^{-1}$) do material ensilado das forrageiras dos diferentes sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.

Sistemas forrageiros	Estádio de maturação		
	Leitoso	Pastoso	Farináceo
Sorgo em monocultivo	7,600 Bb	9,410 Ba	11,050 Ba
Capim-paiaguás em monocultivo	6,860 Bb	8,290 Ba	9,870 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na linha	10,010 Ab	11,400 Ab	13,380 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	9,800 Ac	11,320 Ab	13,070 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	10,030 Ab	11,430 Ab	12,910 Aa
CV (%)	..... 12,27		

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na coluna (sistemas forrageiros) e minúscula na linha, (estádios de maturação), diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As características fermentativas das silagens (capacidade tampão, pH e $N-NH_3$), os ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico) e o teor de matéria seca foram influenciados ($P<0,05$) pelos sistemas forrageiros e estádios de maturação, bem como a interação desses fatores, exceto para o valor de pH, tendo havido efeito significativo apenas para os sistemas forrageiros (Tabela 4).

Avaliando a capacidade tampão das silagens dos sistemas forrageiros, observa-se, na Tabela 3, que, em todos os estádios de maturação, a silagem do capim-paiaguás em monocultivo apresentou maior valor diferenciando ($P<0,05$) em relação às silagens dos outros sistemas forrageiros. Nos estádios de maturação leitoso e pastoso, a proporção de sorgo na silagem contribuiu para reduzir a capacidade tampão das silagens (Tabela 4). Esse resultado é relevante, porque normalmente as gramíneas forrageiras apresentam alta capacidade tampão. O material ensilado não pode apresentar alta capacidade tampão, para não oferecer resistência à redução do pH, de forma a preservar ao máximo os nutrientes da silagem (McDonald et al., 1991).

Com relação à capacidade tampão dos estádios de maturação, para a silagem do sorgo e capim-paiaguás em monocultivo, houve efeito significativo ($P<0,05$) apenas entre o leitoso e o farináceo. E para os sistemas consorciados, apenas o farináceo diferiu do leitoso e pastoso. Vale ressaltar que, em todos os sistemas forrageiros, a menor capacidade tampão foi obtida no estágio farináceo, porque, nesse estágio, o grão do sorgo já estava mais maduro, concentrando, com isso, maior quantidade de carboidrato solúvel.

Para o pH, houve influência ($P < 0,05$) apenas dos sistemas forrageiros, em que maiores valores foram obtidos para a silagem de capim-paiaguás em todos os estádios de maturação. Ressalta-se que a silagem de capim-paiaguás apresentou maior capacidade tampão e menor teor de MS, tendo essas características provavelmente influenciado o valor de pH na silagem de capim-paiaguás em monocultivo. A elevação do pH ocorre principalmente pelo aumento da capacidade tampão causado pela proteólise, que libera amônia e dificulta a queda do pH (McDonald et al., 1991; Zhang, et al. 2016). Valores de pH entre 3,8 a 4,2 são considerados adequados às silagens bem conservadas, pois nessa faixa ocorre a inibição de enterobactérias e clostrídios (Tomich et al., 2003).

Adicionalmente, observa-se que os menores valores de pH foram verificados nas silagens de sorgo em monocultivo e nos sistemas consorciados, mostrando a importância de se produzir silagem do consórcio de cultura anual com forrageira tropical, através da integração lavoura-pecuária, de forma a garantir redução do valor de pH nas silagens, fator fundamental para a conservação do material ensilado.

Comportamento semelhante ao pH foi observado para o $N-NH_3$, uma vez que a silagem de capim-paiaguás em monocultivo apresentou os maiores valores em relação aos demais sistemas forrageiros, em todos os estágios de maturação.

Gramíneas forrageiras tropicais têm teor de carboidratos solúveis, menor teor de MS e maior capacidade tampão (Leonel et al., 2009), justificando os maiores valores de $N-NH_3$ nas silagens de capim-paiaguás em monocultivo. Cezário et al. (2015), avaliando silagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em duas idades de rebrota, encontraram valores $N-NH_3$ de 66,0 (g $NH_3-N/100$ g N) na testemunha, aos 35 dias.

O consórcio do sorgo com o capim-paiaguás possibilitou redução do $N-NH_3$, pois o sorgo forneceu à silagem carboidratos prontamente solúveis, disponíveis para a fermentação. Vale ressaltar que, mesmo na silagem do capim-paiaguás em monocultivo, os valores de $N-NH_3$ se mantiveram dentro da faixa ideal, pois, segundo McDonald et al. (1991), silagem com valores inferiores a 100 g kg^{-1} são consideradas adequadas, aceitáveis de 100 a 150 g kg^{-1} e insatisfatórias acima de 200 g kg^{-1} .

Tabela 4. Características fermentativas das silagens dos sistemas forrageiros e estádios de maturação do sorgo.

Sistemas forrageiros	Estádio de maturação		
	Leitoso	Pastoso	Farináceo
	CT (eq.mg 100 g⁻¹ MS)		
Sorgo em monocultivo	8,06 Ca	6,83 Cab	5,30 Bb
Capim-paiaguás em monocultivo	11,70 Aa	10,70 Aab	9,53 Ab
Sorgo x capim-paiaguás na linha	9,76 Ba	8,76 Ba	6,26 Bb
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	9,83 Ba	9,10 Ba	6,70 Bb
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	8,30 Ca	7,86 Ca	5,10 Bb
CV (%)	..... 10,60		
	pH		
Sorgo em monocultivo	3,86 Ba	3,84 Ba	3,84 Ba
Capim-paiaguás em monocultivo	4,30 Aa	4,45 Aa	4,45 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	3,81 Ba	3,87 Ba	3,87 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	3,89 Ba	3,82 Ba	3,82 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	3,79 Ba	3,88 Ba	3,88 Ba
CV (%)	..... 2,26		
	N-NH₃ (g kg⁻¹ N)		
Sorgo em monocultivo	25,8 Ba	22,7 Ba	22,2 Ca
Capim-paiaguás em monocultivo	47,8 Ab	54,7 Aa	54,5 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	24,1 Ba	30,1 Ba	30,5 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	26,4 Ba	26,2 Ba	30,5 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	27,5 Ba	30,4 Ba	31,1 Ba
CV (%)	..... 10,08		
	MS (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	252,4 Ac	298,7 Ab	335,3 Aa
Capim-paiaguás em monocultivo	181,8 Bb	232,7 Bb	250,1 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na linha	247,2 Ab	279,7 Aa	317,3 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	246,9 Ab	274,3 Ab	304,1 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	249,3 Ab	285,0 Aab	303,6 Aa
CV (%)	..... 3,98		

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na coluna (sistemas forrageiros) e minúscula na linha (estádios de maturação), diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CT: capacidade tampão; N-NH₃: nitrogênio amoniacal; MS: matéria seca

Quando se compara o N-NH₃ nos estágios de maturação, observa-se, na Tabela 4, que apenas o estágio leitoso da silagem do capim-paiaguás em monocultivo diferiu dos outros estágios, com menor valor. Isso se deve, provavelmente, ao menor teor de matéria seca e à maior capacidade tampão obtida nesse estágio.

Avaliando a qualidade de três híbridos de sorgo em três estágios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo), Machado et al. (2012) verificaram valores de N-NH₃ de 13,6 g kg⁻¹ a 22,5 g kg⁻¹, semelhantes àqueles encontrados no presente estudo, porém não foi observado efeito de estágios de maturação.

Em relação ao teor de matéria seca (MS) das silagens dos sistemas forrageiros Tabela 4, observa-se que o capim-paiaguás em monocultivo apresentou menor teor em relação aos demais sistemas forrageiros (P<0,05). Normalmente, silagens de capins tropicais apresentam alta umidade, baixa concentração de açúcares solúveis e alta capacidade no momento ideal do corte, podendo ocorrer fermentações indesejáveis e perdas elevadas (McDonald et al., 1991).

O consórcio do sorgo com o capim-paiaguás contribuiu para elevar os teores de MS na silagem. Dessa forma, o consórcio do sorgo pode se tornar interessante por minimizar os transtornos provenientes dos processos fermentativos das silagens de gramíneas exclusivas, que apresentam alto teor de umidade no momento do corte.

Em relação ao estágio de maturação, é oportuno destacar que, em todos os sistemas forrageiros, o maior teor de MS foi obtido no estágio farináceo. Desta forma, nota-se que as silagens de sorgo em monocultivo e nos sistemas consorciados estão próximas do valor de 220 a 400 g kg⁻¹ de MS, preconizado por Siefers et al. (1997), pois assim é garantido o maior consumo, refletindo em melhor desempenho animal.

Para a concentração de ácidos orgânicos, Tabela 5, houve influência (P<0,05) dos sistemas forrageiros. A silagem de capim-paiaguás em monocultivo apresentou menor concentração do ácido láctico e maior concentração do ácido acético, propiônico e butírico, em todos os estágios de maturação. Pode-se inferir que a menor concentração de ácido láctico resultou nos maiores valores de pH da silagem de capim-paiaguás em monocultivo, Tabela 4, quando comparado com os demais sistemas forrageiros.

A concentração de ácido láctico foi maior (P <0,05) na silagem de sorgo, seguida pelas silagens dos sistemas consorciados. Adicionalmente, vale destacar que as silagens

produzidas nos sistemas consorciados produziram aproximadamente quatro vezes mais ácido lático quando comparadas à silagem de capim-paiaguás em monocultivo. Esses resultados mostram a relevância da consorciação do sorgo com o capim, independentemente da forma de semeadura.

A produção do ácido lático deve ser priorizada, pois este ácido exerce papel fundamental para a redução do pH da silagem, em função de apresentar maior constante de dissociação que os demais, possibilitando adequado processo fermentativo (Kung & Shaver, 2001).

Somando-se a isso, o estágio de maturidade e o tipo de material a ser ensilado, associados ao teor de MS e à presença de carboidratos solúveis, são fatores que determinam a extensão da fermentação no interior do silo e a quantidade de ácido lático na silagem. Portanto, essas variações na concentração de ácido lático nas silagens com forrageiras tropicais são comuns.

De modo geral, nas silagens de sorgo em monocultivo e consorciadas, a concentração do ácido acético, propiônico e butírico não prejudicou a estabilidade da silagem. A predominância da concentração de ácido lático possivelmente foi o fator que contribuiu para a obtenção de silagens bem preservadas. Contudo, todos os valores de ácido acético observados nas silagens foram inferiores ao de $8,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, relatado por Kung & Shaver (2001), exceto para a silagem de capim-paiaguás no estágio leitoso, que apresentou valor médio de $12,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Ainda segundo o autor, concentrações de ácido acético superiores indicam alterações indesejáveis durante a fermentação.

Quanto ao ácido propiônico, a maior concentração foi obtida na silagem de capim-paiaguás em monocultivo, seguida pelas silagens consorciadas no estágio leitoso. Vale ressaltar que, de acordo com Kung & Shaver (2001), presença do ácido propiônico acima do limite de $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ significa degradação do ácido lático por bactérias butíricas. Portanto, as silagens supracitadas estão acima dos parâmetros considerados ideais.

Porém, a silagem de capim-paiaguás em monocultivo apresentou maior concentração de ácido butírico ($P < 0,05$). Esse resultado é devido ao teor de matéria seca que o capim apresentava no momento do corte, Tabela 3, pois quando há excesso de umidade, as condições são propícias para formação de ácido butírico, obtendo uma silagem de baixa qualidade, podendo contribuir na queda do valor nutritivo do volumoso conservado.

Tabela 5. Concentração de ácidos orgânicos das silagens dos sistemas forrageiros e estágios de maturação do sorgo.

Sistemas forrageiros	Ácidos Orgânicos		
	Leitoso	Pastoso	Farináceo
Ácido Láctico (g kg⁻¹ MS)			
Sorgo em monocultivo	44,4 Ac	58,4 Ab	67,5 Aa
Capim-paiaguás em monocultivo	13,5 Cc	16,8 Cab	22,3 Ca
Sorgo x capim-paiaguás na linha	40,0 Ba	48,0 Bab	55,1 Bc
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	31,6 Bb	38,9 Bb	54,2 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	35,8 Bc	44,5 Bb	55,7 Ba
CV (%)	..... 10,12		
Ácido Acético (g kg⁻¹ MS)			
Sorgo em monocultivo	5,9 Ba	4,5 Bab	3,0 Bb
Capim-paiaguás em monocultivo	12,6 Aa	7,8 Ab	5,6 Ac
Sorgo x capim-paiaguás na linha	5,8 Ba	3,8 Bb	2,5 Bb
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	7,2 Ba	4,0 Bb	1,2 Bc
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	5,8 Ba	3,6 Bb	2,4 Bb
CV (%)	..... 19,33		
Ácido Propiônico (g kg⁻¹ MS)			
Sorgo em monocultivo	3,5 Ca	1,5 Cb	1,1 Bb
Capim-paiaguás em monocultivo	6,6 Aa	4,6 Ab	3,5 Ab
Sorgo x capim-paiaguás na linha	5,3 Ba	3,7 Ba	1,4 Bb
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	5,1 Ba	3,4 Bb	1,2 Bc
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	4,9 Ba	3,6 Ba	1,0 Bb
CV (%)	..... 15,28		
Ácido Butírico (g kg⁻¹ MS)			
Sorgo em monocultivo	0,3 Ba	0,1 Ba	0,1 Ba
Capim-paiaguás em monocultivo	0,8 Aa	0,8 Aa	0,7 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	0,2 Ba	0,1 Ba	0,1 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	0,2 Ba	0,2 Ba	0,2 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	0,2 Ba	0,1 Ba	0,2 Ba
CV (%)	..... 29,11		

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na coluna (sistemas forrageiros) e minúscula na linha (estádios de maturação), diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O ácido butírico dos diferentes sistemas forrageiros apresentou média de 1,0 a 8,0 g kg⁻¹ MS, classificada por Vieira et al. (2004) como adequada (< 1,0 g kg⁻¹ MS). As baixas concentrações de ácido butírico observadas comprovam que não houve efetivamente fermentação clostrídica e indicam boa qualidade das silagens, uma vez que no material não foi detectada presença de mofos e/ou bolores.

Avaliando a qualidade da silagem, observa-se que os teores de FDN, FDA, lignina, PB, NDT e DIVMS foram influenciados pelos sistemas forrageiros e estádios de maturação, bem como pela interação entre esses fatores. Entretanto, não houve efeito significativo (P<0,05) da interação, ocorrendo apenas dos sistemas forrageiros para os teores de celulose, hemicelulose, MM e EE.

Para o teor de FDN, observa-se que a silagem de capim-paiaguás em monocultivo apresentou maior valor, em todos os estádios de maturação (Tabela 6). O consórcio do sorgo com capim-paiaguás contribuiu para diminuir os teores de FDN das silagens, devido ao menor teor na cultura do sorgo (Tabela 2). O teor de FDN também pode sofrer variações de acordo com a proporção de panícula, colmos e folhas no material ensilado (Pires et al., 2006), o que pode justificar os menores valores de FDN para os sistemas consorciados.

Quando são comparados os estádios de maturação, observa-se, na Tabela 6, que, para o sorgo em monocultivo, os teores de FDN foram semelhantes no estágio leitoso e pastoso. Entretanto, para o capim-paiaguás em monocultivo e consorciado, houve aumento da fração fibrosa nos estágios de pastoso e farináceo. Esse resultado é decorrente do aumento da maturação das forrageiras. Com o progresso na maturidade fisiológica das plantas, há alterações morfológicas importantes, como diminuição do conteúdo celular (proteína, lipídios, carboidratos solúveis e minerais solúveis), devido ao espessamento da parede celular (Rabelo et al., 2014).

Para os teores de FDA, as silagens de sorgo em monocultivo apresentaram os menores teores em todos os estádios de maturação, variando de 321,1 a 367,2 g kg MS. Esses teores foram inferiores aos encontrados por Di Marco et al. (2009), que verificaram valores de 400 a 421 g kg⁻¹ de FDA na silagem de sorgo.

Vale ressaltar a importância da consorciação para a melhoria da qualidade da forragem, tendo o consórcio do sorgo com capim-paiaguás em todas as formas de semeadura contribuído para reduzir os teores de FDA, ocorrendo efeito de diluição da

fibra, devido ao menor teor de FDA na cultura do sorgo, favorecendo maior digestibilidade da silagem.

Tabela 6. Valores de FDN, FDA, lignina, hemicelulose e celulose das silagens dos sistemas forrageiros e estágio de maturação do sorgo.

Sistemas forrageiros	Estádio de maturação		
	Leitoso	Pastoso	Farináceo
	FDN (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	587,3 Cb	571,3 Cb	611,0 Ba
Capim-paiaguás em monocultivo	683,7 Ab	722,7 Aa	744,2 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	608,1 Bb	645,1 Ba	654,9 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	617,5 Bb	657,6 Ba	674,5 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	621,5 Bb	641,1 Ba	640,0 BCa
CV (%)	..... 3,45		
	FDA (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	321,1 Cb	335,3 Cb	367,2 Ca
Capim-paiaguás em monocultivo	412,0 Ab	424,7 Ab	448,1 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	375,3 Bb	382,3 Bb	414,5 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	370,8 Bb	387,3 Bb	424,7 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	377,6 Bb	387,0 Bb	421,6 Ba
CV (%)	..... 5,17		
	Lignina (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	30,8 Bb	34,4 Bb	45,9 Ba
Capim-paiaguás em monocultivo	57,7 Ab	64,2 Ab	74,8 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	42,0 ABb	52,0 ABa	58,7 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	42,1 ABb	46,6 ABa	51,7 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	40,5 ABb	43,9 ABa	58,1 Ba
CV (%)	..... 18,48		
	Hemicelulose (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	266,2 Ba	236,0 Ca	243,8 Ba
Capim-paiaguás em monocultivo	271,7 Aa	298,0 Aa	296,1 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	232,8 Ba	262,8 Ba	240,4 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	246,7 Ba	270,3 Ba	249,8 Ba

Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura			
	243,9 Ba	254,1 BCa	218,4 Ba
CV (%)	..... 11,69		
Celulose (g kg ⁻¹)			
Sorgo em monocultivo	290,3 Ba	300,9 Ba	321,3 Ba
Capim-paiaguás em monocultivo	354,3 Aa	360,5 Aa	373,3 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	333,3 Aa	330,3 Aa	355,8 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	328,7 Aa	340,7 Aa	373,0 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	337,1 Aa	343,1 Aa	363,5 Aa
CV (%)	..... 6,76		

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na coluna (sistemas forrageiros) e minúscula na linha (estádios de maturação), diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido

Comparando os teores de FDA nos estádios de maturação, observa-se que o estágio farináceo apresentou os maiores teores em todos os sistemas forrageiros. Esse resultado é decorrente do estágio de maturação mais avançado, aumentando, com isso, a fração fibrosa da silagem (Tabela 6).

Avaliando os teores de lignina para o estágio leitoso e pastoso, observa-se influência ($P < 0,05$) apenas entre a silagem de sorgo e capim-paiaguás em monocultivo, que apresentou maior valor, Tabela 6, devido ao capim apresentar maiores frações fibrosas. A melhor qualidade nutricional do sorgo granífero é positiva para a elevação da digestibilidade de silagens consorciadas com gramíneas tropicais, refletindo diretamente no desempenho animal.

Avaliando os efeitos da substituição da silagem de sorgo por silagem de capim marandu sobre as características de carcaça e carne de novilhas $\frac{3}{4}$ Zebu x Holandês, Mendes et al. (2012) verificaram teores de lignina de 66,3 e 86,1 g kg⁻¹, respectivamente, para as silagens de sorgo e capim marandu, respectivamente. Tais valores foram superiores aos obtidos nesse estudo.

Em relação aos estádios de maturação, Tabela 6, para a silagem de sorgo e capim-paiaguás em monocultivo, os teores de lignina foram semelhantes entre o estágio leitoso e pastoso, diferenciando ($P < 0,05$) do farináceo. E para os sistemas consorciados, apenas o leitoso diferiu do pastoso e do farináceo. De maneira geral, o estágio farináceo apresentou os maiores teores de FDA, devido ao estágio mais avançado de maturação das forrageiras.

Os teores de hemicelulose e celulose foram influenciados ($P < 0,05$) pelos sistemas forrageiros. Os menores teores foram obtidos na silagem de sorgo em monocultivo, pelo efeito de diluição dos compostos fibrosos, responsáveis pela diminuição dos teores de FDN e FDA. Quando são comparados os estádios de maturação, observa-se que não houve efeito significativo ($P > 0,05$) em todos os sistemas forrageiros, mostrando que os estádios não interferiram nos teores de hemicelulose e celulose.

A silagem do capim-paiaguás em monocultivo apresentou maior teor de PB, seguida pelos sistemas consorciados, em todos os estádios de maturação. Esse resultado é decorrente da estrutura morfológica do capim, que apresenta alta relação folha:colmo (Costa et al., 2016). Nesse sentido, é importante ressaltar a contribuição do capim-paiaguás para melhoria da qualidade da silagem de culturas anuais como sorgo, que apresentou teores de PB médios de $68,8 \text{ g kg}^{-1}$ dos estádios de maturação.

Quando são comparados os estádios em todos os sistemas forrageiros, o farináceo apresentou menor teor de PB. Tal fato, possivelmente, está relacionado à senescência das forrageiras nesse estágio, uma vez que, em estágio de maturidade avançado, apresenta baixos teores de proteína, enquanto, em estádios iniciais de maturidade, esse teor é mais elevado (Leonel et al., 2009).

Avaliando a qualidade de silagens de cultivares de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Xaraés e Piatã, Costa et al. (2011) não observaram diferença significativa entre as cultivares para o teor de PB, apresentando média de $93,8 \text{ g kg}^{-1}$, semelhante ao estágio farináceo do presente estudo.

Avaliando a matéria mineral, observa-se, na Tabela 7, que a silagem do capim-paiaguás apresentou maior valor em todos os estádios de maturação, diferindo ($P < 0,05$) dos outros sistemas forrageiros, que obtiveram resultado semelhante. Esse resultado pode estar correlacionado com maior valor de pH, capacidade tampão e N-NH_3 e menor teor de MS na silagem de capim-paiaguás Tabela 3, que, de acordo com Ashbell (1995), quando a silagem apresenta fermentações inadequadas, possivelmente aumenta a possibilidade de perdas de material orgânico, elevando, conseqüentemente, a participação relativa do matéria mineral.

Tabela 7. Valores de PB, MM, NDT, EE e DIVMS das silagens dos sistemas forrageiros e estádios de maturação. do sorgo.

Sistemas forrageiros	Estádio de maturação		
	Leitoso	Pastoso	Farináceo
	PB (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	73,3 Ba	71,5 Ba	61,6 Bb
Capim-paiaguás em monocultivo	113,3 Aa	109,3 Aa	98,0 Ab
Sorgo x capim-paiaguás na linha	99,0 Ba	89,1 Ba	75,8 Bb
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	95,4 Ba	77,5 Bb	79,4 Bb
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	99,4 Ba	81,4 Ba	78,3 Bb
CV (%)	..... 9,46		
	MM (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	55,8 Ba	58,0 Ba	61,6 Ba
Capim-paiaguás em monocultivo	66,8 Aa	70,8 Aa	74,5 Aa
Sorgo x capim-paiaguás na linha	58,8 Ba	59,7 Ba	63,8 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	57,8 Ba	58,5 Ba	63,1 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	59,1 Ba	60,7 Ba	64,4 Ba
CV (%)	..... 5,76		
	EE (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	35,8 Aa	39,7 Aa	40,3 Aa
Capim-paiaguás em monocultivo	20,5 Ca	21,9 Ca	22,2 Ca
Sorgo x capim-paiaguás na linha	28,2 Ba	25,5 Ba	29,4 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	24,2 Ba	23,8 Ba	28,9 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	27,1 Ba	26,7 Ba	29,1 Ba
CV (%)	..... 18,77		
	NDT (g kg⁻¹)		
Sorgo em monocultivo	650,5 Ab	663,5 Ab	691,9 Aa
Capim-paiaguás em monocultivo	534,9 Ca	531,5 Ca	541,4 Ca
Sorgo x capim-paiaguás na linha	603,3 Bb	621,8 Bb	656,7 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	589,0 Bb	605,1 Bb	641,6 Ba
Sorgo x capim-paiaguás na sobressemeadura	602,4 Bb	629,6 Bb	667,7 Ba
CV (%)	..... 2,63		
	DIVMS (g kg⁻¹)		

Sorgo em monocultivo	767,4 Aa	760,5 Aa	787,5 Aa
Capim-paiaguás em monocultivo	622,9 Ca	528,9 Cb	500,1 Cb
Capim-paiaguás em monocultivo	698,6 Ba	664,6 Bb	651,9 Bb
Sorgo x capim-paiaguás na linha	691,0 Ba	654,7 Bb	631,9 Bb
Sorgo x capim-paiaguás na entrelinha	700,8 Ba	670,7 Bb	662,9 Bb
CV (%)	..... 3,90		

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na coluna (sistemas forrageiros) e minúscula na linha (estádios de maturação), diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

PB: proteína bruta; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; NDT: nutrientes digestíveis totais; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Com relação aos estádios de maturação, os teores de matéria mineral foram semelhantes em todos os sistemas forrageiros. Ressalta-se que a matéria mineral fornece apenas um indicativo da quantidade de minerais presentes na amostra. Altos valores podem ser resultado de elevado teor de sílica, que não teria aproveitamento pelos animais (Hoffman, 2005).

A silagem de sorgo em monocultivo apresentou maior teor de extrato etéreo (EE) em todos os estádios de maturação, diferenciando-se dos outros sistemas forrageiros (Tabela 7). Na média dos sistemas consorciados, os teores de EE aumentaram em 29,26; 15,52 e 31,08% em relação ao capim-paiaguás em monocultivo, para os estádios leitoso, pastoso e farináceo, respectivamente. Esse resultado mostra a vantagem da produção de silagem de cultura anual com forrageira tropical, com intuito de melhorar a quantidade de energia do alimento. Entretanto, quando são comparados os estádios de maturação, os teores de EE não foram influenciados ($P > 0,05$) em todos os sistemas forrageiros.

Avaliando os teores de NDT, observa-se, na Tabela 7, que a silagem de sorgo em monocultivo apresentou menor valor, diferenciando-se ($P < 0,05$) dos outros sistemas forrageiros em todos os estádios de maturação. O maior valor encontrado de NDT na silagem de sorgo pode ser decorrente do teor de EE nas silagens, com isso, contribuindo para aumentar a quantidade de energia do volumoso.

Vale ressaltar mais uma vez a importância de se produzir silagem em sistemas consorciados, visto que o consórcio contribuiu para aumentar os teores de NDT das silagens em todos os estádios. O NDT é um parâmetro importante na alimentação animal, uma vez que a energia e a proteína são frequentemente os fatores mais limitantes para ruminantes (Oliveira et al., 2010).

Avaliando o desempenho de novilhos alimentados em confinamento com silagem de híbridos de sorgo forrageiro, Restle et al. (2012) verificaram valores de NDT de 590 e 700 g kg⁻¹, respectivamente, valores próximos aos obtidos no presente estudo para silagem de sorgo.

Comparando os teores de NDT entre os estádios para o sorgo em monocultivo e consorciado, o estágio farináceo apresentou os maiores valores, pela maior formação dos grãos do sorgo, que contêm mais EE. Entretanto, para o capim-paiaguás em monocultivo, os teores de NDT foram semelhantes (P>0,05) entre os estádios de maturação.

Resultados semelhantes de NDT foram verificados para a digestibilidade *in vitro* na matéria seca (DIVMS), tendo os maiores valores sido obtidos nas silagens de sorgo em monocultivo, seguidos dos sistemas consorciados (Tabela 7). Esses resultados podem estar correlacionados com os baixos teores da fração fibrosa contidos nessa cultura, Tabela 6, contribuindo para a maior digestibilidade da silagem produzida.

Avaliando a silagem de sorgo de duplo propósito, Pires et al. (2013) verificaram DIVMS de 616,9 g kg⁻¹, valores inferiores aos obtidos neste estudo, de 767,4 a 787,5 g kg⁻¹ entre os estádios avaliados.

Em relação aos estádios de maturação, para o sorgo em monocultivo, os valores de DIVMS foram semelhantes. Entretanto, para o capim-paiaguás em monocultivo e sistemas consorciados, os maiores valores de DIVMS foram obtidos no estágio leitoso, por ser colhido no estágio menor de maturação.

Vale ressaltar que, em todos os estádios, a participação do sorgo nas silagens consorciadas proporcionou maiores valores de DIVMS, provavelmente pela maior participação das panículas no material ensilado, resultando em silagem de melhor digestibilidade.

CONCLUSÃO

As silagens de sorgo com capim-paiaguás em sistemas consorciados proporcionaram maior produtividade por área, tendo o estágio farináceo apresentado maior produção de massa seca.

A silagem de capim-paiaguás em monocultivo apresentou maiores valores de capacidade tampão, pH, N-NH₃ e PB e menores valores de matéria seca e digestibilidade *in vitro* da matéria seca em todos os estádios de maturação.

Houve acréscimo nos teores de FDN, FDA, lignina, PB e NDT e redução da DIVMS nas silagens no estágio farináceo.

O consórcio do sorgo com capim-paiaguás em sistemas consorciados de integração lavoura-pecuária pode se tornar interessante, por minimizar transtornos provenientes dos processos fermentativos das silagens de gramíneas em monocultivo e melhorar a qualidade da silagem, mostrando ser uma estratégia vantajosa para a produção de volumosos suplementares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHBELL, G. **Basic principles of preservation of forage, by-products and residues as silage or hay**. Bet Dagan: **Agricultural Research Organization**, The Volcani Center. p.58, 1995.

ALI, M. A.; ABBAS, A.; NIAZ, S.; ZULKIFFAL, M.; ALI, S. Morpho-physiological criteria for drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor*) at seedling and post-anthesis stages. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 11, p. 674- 680, 2009.

AOAC. Official Methods of Analysis, 15th edn. **Association Official Analytical Chemists**, Arlington, VA, 1990.

AVILA, C. L. da S.; PINTO, J. C.; TAVARES, V. B.; SANTOS, Í. P. A. dos. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p. 648-654, 2006.

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

CARVALHO, J. L. N., AVANZI, J. C., SILVA, M. L. N., MELLO, C. R., CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.277-290, 2010.

CHANDLER, P. Energy prediction of feeds by forage testing explorer. **Feed stuffs**, v.62, n. 36, p.12, 1990.

CEZÁRIO, A.S., RIBEIRO, K.G., SANTOS, S.A., DE CAMPOS VALADARES FILHO, S., PEREIRA, O.G. Marandu harvested at two regrowth ages: microbial inoculant responses in silage fermentation, ruminant digestion and beef cattle performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 208, p. 33-43, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.025>

COLOMBINI, S.; GALASSI, G.; CROVETTO, G.M.; RAPETTI, L. Milk production, nitrogen balance and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.95, n° 8, p.4457-4467, 2012.

COSTA, K.A.P.; ASSIS, R.L.; GUIMARÃES, K.C.; SEVERIANO, E.C.; ASSIS NETO, J.M.; CRUNIVEL, W.S.; GARCIA J.F.; SANTOS, N.F. Silage quality of *Brachiaria brizantha* cultivars ensiled with different levels of millet meal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.1, p.188-195, 2011.

COSTA, R.R.G.F.; COSTA, K.A.P.; SANTOS, C. B.; SEVERIANO, E.C.; EPIFÂNIO, P.S.; SILVA, J. T.; TEIXEIRA, D.A.A.; SILVA, V.R. Production and nutritional characteristics of pearl millet and Paiaguas palisadegrass under different forage systems and sowing periods in the offseason. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 19, p. 1712-1723, 2016.

DI MARCO, O. N.; RESSIA, M. A.; ARIAS, S.; AELLO, M. S.; ARZADÚN, M. Digestibility of forage silages from grain, sweet and bmr sorghum types: Comparison of in vivo, in situ and in vitro data. **Animal Feed Science and Technology**, v. 153, n.3, 161-168, 2009.

EMBRAPA SOLOS - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed., Brasília, DF. 2013.

EMBRAPA CERRADO – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Dia de Campo mostra a versatilidade dos sistemas de integração aos participantes do Congresso Mundial sobre ILPF**. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3669566/dia-de-campo-mostra-a-versatilidade-dos-sistemas-de-integracao-aos-participantes-do-congresso-mundial-sobre-ilpf>>. Acesso em maio de 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, p. 491, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

KUNG L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analyses Reports. **Focus on Forage**, 3(13), 1-5. 2001.

HOFFMAN P. **Ash content of forages**. University of Wisconsin Board of Regents, Focus on Forage. v. 7. 2005.

LEONEL, F.P.L.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G.; MARCO JÚNIOR, P.; DA SILVA, C.J.; LARA, L.A. Consórcio capim-braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.166-176, 2009.

QUINTINO, A.da C.; ALMEIRA, R.G.; ABREU, J.G.; MACEDO, M.C.M. Características morfogênicas e estruturais do capim-piatã em sistema de integração lavoura-pecuária. **Veterinária e Zootecnia**, v.23, n.1, p.131-138, 2016.

MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; RIBAS, M.N.; TEIXEIRA, A.M.; RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; VELASCO, F.O.; GONÇALVES, L.C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L.G.R. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.711-720, 2012.

MACEDO, C. H. O.; SANTOS, E. M.; SILVA, T. C.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; SILVA, A. P. G.; OLIVEIRA, J. S. Produção e composição bromatológica do sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivado sob doses de nitrogênio. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 209-216. 2012.

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, n.6, p.1217-1240. 2002.

MENDES, G.A.; JÚNIOR, V.R.R.; RUAS, J.R.M.; SILVA, F.V.; CALDEIRA, L.A.; PEREIRA, M.E.G.; SOARES, F.D. dos S.; PIRES, D.A. de A. Características de carcaça e qualidade da carne de novilhas alimentadas com silagem de capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.12, p.1774-1781, 2012.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo Sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.1, p.61-67, 2010.

PERIM, R.C.; COSTA, K.A.P.; EPIFANIO, P.S.; SOUZA, W.F.; FRANCISCHINI, R.; TEIXEIRA, D.A.A.; CARVALHO, W.G.; SANTOS JR., D.R. Fermentative and bromatological characteristics of Piata Palisadegrass ensiled with energetic brans. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, p. 942-954, 2014.

PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; JAYME, C.G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.241-256, 2006.

PIRES, D.A.A.; JÚNIOR, V.R.R.; SALES, E.C.J.; REIS, S.T.; JAYME, D.G.; CRUZ, S.S.; LIMA, L.O.B.; TOLENTINO, D.C.; ESTEVES, B.L.C. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.1, p. 68-77, 2013.

RABELO, C.H.S.; REZENDE, V.; RABELO, F.H.; NOGUEIRA, D.A.; SENEDESE, S.S.; VIEIRA, P.F.; BERNARDES, C.L.; CARVALHO, A. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade in vitro. **Ciência Rural**, v.44, n.2, p.368-373, 2014.

RESTLE, J.; MISSIO, R.L.; RESENDE, P.L.P.; SILVA, N.L.Q.; VAZ, F.N.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; KUSS, F. Silagem de híbridos de sorgo associado a percentagens de concentrado no desempenho de novilhos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.5, p. 1239-1245, 2012.

RIBEIRO, O.L.; CECATO, U.; IWAMOTO, B.S.; PINHEIRO, A.; JOBIM, C.C.; DAMASCENO, J.C. Desempenho de bovinos em capim-tanzânia adubado com nitrogênio ou consorciado com Estilosantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 1, p. 275-285, 2011.

SIEFERS, M.K.; TURNER, J.E.; HUCK, G.L.; YOUNG, M.A.; ANDERSON, S.A.; POPE, R.V.; BOLSEN, K.K. Agronomic and silage quality traits of forage sorghum cultivars in 1995. Kansas, **Journal of Agriculture and Natural Resource**, v. 783, p.75-79, 1997.

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.

TOMICH, T., PEREIRA, L.G.R., GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagem: uma proposta para qualificação da fermentação.** Embrapa Pantanal, 2003.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B. **Analysis of Forages and Fibrous Foods.** Cornell University, Ithaca. 1985.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Ithaca: Cornell, p.476, 1994.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.764-772, 2004.

ZHANG, S.; ABDUL, S.C.; DIKY, R.; AMERJAN, O.; GUO, X.; GRANT, R. E.; LONG, C. 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**, v. 15, n.1, p. 175-182, 2016.

CONCLUSÃO GERAL

O consórcio do sorgo com capim-paiaguás em sistemas consorciados de integração lavoura-pecuária pode se tornar interessante, por minimizar os transtornos provenientes dos processos fermentativos das silagens de gramíneas em monocultivo e melhorar a qualidade da silagem, mostrando ser uma estratégia vantajosa para a produção de volumosos suplementares.