



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CONSÓRCIO ENTRE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS PARA PRODUÇÃO DE
SILAGENS, FENOS E PRÉ-SECADOS**

EDGAR SALVADOR JARA GALEANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Dourados - MS
Março- 2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CONSÓRCIO ENTRE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS PARA PRODUÇÃO DE
SILAGENS, FENOS E PRÉ-SECADOS**

EDGAR SALVADOR JARA GALEANO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior

Co-orientadora: Dra. Marciana Retore

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Dourados - MS
Março- 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

G152c	<p>Galeano, Edgar Salvador Jara. Consórcio entre gramíneas e leguminosas produção de silagens, fenos e pré-secados. / Edgar Salvador Jara Galeano. – Dourados, MS : UFGD, 2021.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Arranjos espaciais. 2. Consórcio gramínea-leguminosa. 3. Crotalarias. 4. <i>Glycine max</i>. 5. <i>Vigna unguiculata</i> . I. Título.</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

**CONSÓRCIO ENTRE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS PARA PRODUÇÃO DE
SILAGENS, FENOS E PRÉ-SECADOS**

por

EDGAR SALVADOR JARA GALEANO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovado em: 08/03/2021

Marco Antonio P. Orrico Jr.

Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior
Orientador – UFGD

Deise D. Castagnara

Dra. Deise Dalazen Castagnara
UNIPAMPA

Tatiane Fernandes

Dra. Tatiane Fernandes
Universidade de Lisboa

BIOGRAFIA DO AUTOR

Edgar Salvador Jara Galeano, filho de Salvador Jara e Evarista Galeano, nasceu em 16 de novembro de 1992, na cidade de Pedro Juan Caballero, PY. Em junho de 2012 ingressou no curso de Agronomia, pela Universidade Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias Filial Pedro Juan Caballero (UNA-FCA/PJC), graduando-se em novembro de 2017. Em março de 2019 ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Zootecnia, na Universidade Federal da Grande Dourados, desenvolvendo estudos na área de Produção e Conservação de Forragem.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho, Rafael Jara, e família, que me apoiou e me incentivou a realizá-lo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, nosso pai eterno, que sempre está presente em minha vida, por ter me permitido conquistar mais esta vitória.

A toda a minha família. Em especial, aos meus pais, Salvador Jara e Evarista Galeano de Jara. À minha esposa, Rosilene Gonzalez, e meu filho, Rafael Jara, pelo carinho, ajuda, estímulo e confiança na realização desta conquista.

Ao meu orientador Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior e minha co-orientadora Dra. Marciana Retore pela orientação, conselhos, respeito, dedicação, amizade e pelos ensinamentos, que me proporcionaram crescimento profissional e pessoal.

A minha colega e irmã científica, Joyce Pereira, pela amizade e companheirismo durante todo o mestrado. Por toda ajuda e PACIÊNCIA.

À Alice Schwingel e ao grupo de pesquisa de Manejo de Forragens e Resíduos Agropecuários. À Dra. Tatiane Fernandes, por aceitar o convite para participar da banca examinadora.

Aos meus professores, Jose Augusto e Victorina Barreto, pelo incentivo para ingressar no mestrado.

Aos professores, Mábio Silvan e Rafael Goes, pelos ensinamentos.

Aos meus colegas da Pós-Graduação, Sullyvan Oliveira; Henrique Momo; Jéssica Pantoja; Nayara Silva; Janaína Silva; Jean Valentin; Orlando Costa; Cristiane Barbosa e Raquel Oliveira.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pelo acolhimento.

À Embrapa Agropecuária Oeste pela oportunidade de realizar meu experimento a campo.

À Riber Sementes, pela doação do milho utilizado no experimento da silagem.

Enfim, a todos que, diretamente ou indiretamente, contribuíram para o meu aprendizado e para que fosse possível a realização deste trabalho.

*O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará.”
Salmos 23:1*

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iv
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
CAPÍTULO I	3
REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.1 Caracterização da pecuária de corte brasileira.....	4
1.2 Características do processo de ensilagem.....	4
1.3 Consórcio entre gramíneas e leguminosas para a produção de silagens.....	6
1.4 Produção de feno e pré-secado de capins tropicais.....	7
1.5 Feno e pré-secado de consórcio entre capim e leguminosa	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos específicos	10
CAPÍTULO II. Aspectos agrônômicos, composição química e digestibilidade de forragem provenientes do consórcio de milho com crotalária.....	15
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS	18
RESULTADOS.....	21
DISCUSSÃO	30
CONCLUSÕES	32
CAPÍTULO III. Parâmetros fermentativos e composição química das silagens mistas, provenientes de consórcios entre milho e espécies de crotalária	37
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS	39
RESULTADOS.....	42
DISCUSSÃO	49
CONCLUSÕES	52
CAPÍTULO IV. Produtividade de biomassa e o valor nutritivo de silagens pré-secadas e fenos provenientes de diferentes consórcios entre capim Tamani e leguminosas	56

INTRODUÇÃO	58
MATERIAL E MÉTODOS	58
RESULTADOS.....	63
DISCUSSÃO	67
CONCLUSÃO	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias da temperatura do ar média (T med), máxima (T max) e mínima (T min), umidade relativa do ar (UR), precipitação (Prec) e radiação (Rad), observados durante os dois anos experimentais.	19
Tabela 2. Produção de matéria seca (MS) e características morfológicas de plantas de milho e crotalária, a partir do consórcio de milho e duas espécies de crotalária (<i>C. juncea</i> e <i>C. ochroleuca</i>), em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou na entre linha) para o ano de 2018.	22
Tabela 3. Composição química das forragens consorciadas de milho com duas espécies de crotalária (<i>C. juncea</i> ou <i>C. ochroleuca</i>) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou na entre linha) para o ano de 2018.....	25
Tabela 4. Produção de matéria seca e características morfológicas de plantas de milho e crotalárias, a partir dos consórcios com milho e duas espécies de crotalária (<i>C. juncea</i> ou <i>C. ochroleuca</i>), em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou na entre linha) para o ano de 2019.	27
Tabela 5. Composição química das forragens consorciadas de milho com duas espécies de crotalária (<i>C. juncea</i> ou <i>C. ochroleuca</i>) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou na entre linha) para o ano de 2019.....	29
Tabela 6. Relação milho:crotalária (%), capacidade tampão, pH, composição química e digestibilidade <i>in vitro</i> da MS das forragens derivadas dos consórcios entre milho e duas espécies de crotalária (<i>C. juncea</i> ou <i>C. ochroleuca</i>) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou em linhas alternadas).	41
Tabela 7. Perdas fermentativas, perfil de fermentação e composição química de silagens mistas derivadas do consórcio de milho com duas espécies de crotalária (<i>C. juncea</i> ou <i>C. ochroleuca</i>) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou em linhas alternadas) para o ano de 2018.	44
Tabela 8. Perdas fermentativas, perfil de fermentação e composição química de silagens mistas derivadas do consórcio de milho com duas espécies de crotalária (<i>C. juncea</i> ou <i>C. ochroleuca</i>) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou em linhas alternadas) para o ano de 2019.	47

Tabela 9. Médias da temperatura do ar média (T med), máxima (T max) e mínima (T min), umidade relativa do ar (UR), precipitação (Prec) e radiação (Rad), observados durante o período experimental.	59
Tabela 10. Produtividade total e específica dos consórcios, relação capim: leguminosa e alturas das plantas em cada um dos tratamentos estudados.	64
Tabela 11. Parâmetros fermentativos e composição química das silagens pré-secadas de capim Tamani consorciado com diferentes leguminosas.	65
Tabela 12. Composição química e digestibilidade in vitro das silagens pré-secadas e fenos confeccionados a partir do consórcio do capim Tamani e diferentes leguminosas.	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esboço dos arranjos espaciais. A1 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas em linhas alternadas.....	20
Figura 2. Porcentagem de milho e crotalária em relação a produção total de matéria seca (MS) e produção total de MS crotalária nos consórcios estudados para o ano de 2018.	23
Figura 3. Porcentagem de milho e crotalária na produção total de matéria seca e produção total de crotalária nos consórcios estudados para o ano 2019.	28
Figura 4. Esboço dos arranjos espaciais. A1 = 45 cm entre linha, com milho e leguminosas na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas em linhas alternadas.....	40
Figura 5. Teores de celulose, fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) nas silagens dos consórcios, obtidos no primeiro ano de avaliação (2018).....	45
Figura 6. Teores de fibra em detergente ácido (FDA), de proteína bruta (PB), de celulose e de lignina nas silagens dos consórcios, obtidos no segundo ano de avaliação (2019).....	48
Figura 7. Croqui da área experimental, na qual foi implantado o capim Tamani e as diferentes leguminosas.	60

LISTA DE ABREVIATURAS

BAL: Bactérias ácido lácticas
CCJ: Cultivo milho + *Crotalaria juncea*
CCO: Cultivo milho + *Crotalaria ochroleuca*
CO₂: Dióxido de carbono
CSC: Cultivo solteiro de milho
CS: Carboidratos solúveis
CT: Capacidade tampão
CZ: Cinzas
DIVMS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca
FDA: Fibra detergente ácido
FDN: Fibra detergente neutro
MS: Matéria seca
MSF: Massa seca final
MSI: Massa seca inicial
MVfe: Massa verde de forragem ensilada
N-NH₃: Nitrogênio amoniacal
NDT: Nutrientes digestíveis totais
NT: Nitrogênio total
PB: Proteína bruta
PE: Perda por efluentes
PG: Perda por gases
pH: Potencial hidrogeniônico
PMV: Produção de massa verde
PMS: Perdas de matéria seca
PSF: Peso do silo no momento da abertura
PSI: Peso do silo no momento da ensilagem
TA: capim Tamani
TA+FC: capim Tamani + feijão-caupi
TA+FG: capim Tamani + feijão-guandu
TA+Oc: capim Tamani + *Crotalaria ochroleuca*
TA+So: capim Tamani + soja

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O rebanho de bovinos de corte brasileiro é composto por cerca de 213,5 milhões de cabeças, sendo considerado o maior rebanho comercial do mundo (IBGE, 2019). Grande parte deste rebanho está localizado no Centro-Oeste brasileiro, com alimentação baseada no consumo de gramíneas tropicais. Ainda que muito produtivas, as gramíneas tropicais são fortemente influenciadas pelas estações do ano, o que acaba limitando o desempenho animal entre final do outono e início da primavera. Desta forma, faz-se necessário a adoção de métodos de conservação de forragens, como a ensilagem e a fenação, a fim de suprir a falta de volumoso nesse período.

No Brasil, a ensilagem é a forma mais utilizada pelos produtores rurais para conservar volumosos. Dentre todas as culturas forrageiras, o milho é o principal, por apresentar boa capacidade fermentativa, alto valor energético e por ser fonte de fibra de boa qualidade. Contudo, o seu baixo teor de proteína bruta (muitas vezes abaixo de 6% da matéria seca) leva a um maior consumo de concentrados proteicos por parte dos animais. Além disso, o alto custo de implantação, manutenção e colheita da cultura também impede a utilização deste volumoso por parte de alguns produtores rurais. Para minimizar os custos com a alimentação, algumas propriedades acabam optando por conservar o excedente de capim, produzido durante o período das águas, na forma de feno ou de pré-secado, o que resulta em volumosos com custos inferiores à silagem de milho.

Assim como o milho, os capins não apresentam elevados teores de proteína (principalmente próximo à maturidade fisiológica), sendo necessária uma maior inclusão de concentrados proteicos na dieta. Uma forma de elevar os níveis de proteína das silagens, do feno ou do pré-secado seria o consórcio destas gramíneas com leguminosas. Existem estudos que demonstraram o aumento da produtividade e melhorias significativas no valor nutritivo de forragens produzidas em consórcio de gramíneas e leguminosas.

A leguminosa *Crotalaria juncea* apresenta elevada velocidade de crescimento e elevados teores de proteína bruta o que pode ser uma ótima alternativa para uso consorciado com milho, proporcionando assim, uma silagem mista com maior teor de proteína do que a silagem exclusiva de milho. O ponto negativo desta espécie de leguminosa é o elevado teor de fibra de seus caules a partir do florescimento, o que pode interferir na qualidade do volumoso final. Já a *Crotalaria ochroleuca* possui um crescimento mais lento e menor teor de fibra, o que pode

favorecer a qualidade da forragem mista. No entanto, pode haver redução do crescimento da leguminosa, caso o arranjo espacial com a cultura principal não esteja bem definido.

Quanto ao consórcio com capins, acredita-se que o mais conveniente seja o uso de leguminosas de menor porte, como a soja, o feijão-caupi, o feijão-guandu, entre outras. Assim, pode-se afirmar que o maior desafio do consórcio entre gramíneas e leguminosas está em encontrar a melhor combinação entre as duas espécies vegetais (competição interespecífica), tendo como foco a maximização da produção por área, aliada à melhor qualidade da forragem. Portanto, faz-se necessário pesquisas que avaliem o consórcio entre gramíneas e leguminosas, a fim de determinar quais são as espécies de leguminosas mais interessantes e os melhores arranjos espaciais para a produção de silagem mista de milho ou para a produção de feno e pré-secado com capins tropicais.

Com base no exposto, esta dissertação foi dividida em quatro capítulos, sendo o Capítulo I uma revisão de literatura sobre a temática a ser estudada; o Capítulo II, um artigo científico intitulado “Aspectos agronômicos, composição química e digestibilidade de forragem provenientes do consórcio de milho com crotalária”; o Capítulo III, um artigo científico intitulado “Parâmetros fermentativos e composição química das silagens mistas, provenientes de consórcios entre milho e espécies de crotalária” e, o Capítulo IV, intitulado “Produtividade de biomassa e o valor nutritivo de silagens pré-secadas e fenos provenientes de diferentes consórcio entre capim Tamani e leguminosas”, todos redigidos segundo as normas da revista *Animal Feed Science and Technology*.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

Caracterização da pecuária de corte brasileira

Existem cerca de cinco milhões de estabelecimentos agropecuários no Brasil, em uma área de 350 milhões de hectares (IBGE, 2019). Em 2019, o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil foi de R\$ 7,3 trilhões, com um crescimento de 6,8% em relação ao ano de 2018. Parte desse crescimento pode ser atribuído ao PIB da pecuária de corte que corresponde a 8,5 % do total do PIB nacional, evidenciando a força do setor na economia brasileira.

Nesse mesmo período, a área utilizada com pastagens permaneceu estável, em 162,5 milhões de hectares, o que mostra que a maior produtividade dos rebanhos foi a responsável pelo aumento da produção nacional. Entretanto, a produtividade média do rebanho brasileiro continua baixa, 64,5 kg/ha/ano (ABIEC, 2020), valor que pode ser melhorado com a adoção de práticas de manejo e conservação de forragens.

O sistema de produção de gado de corte a pasto, além de mais econômico, apresenta uma imagem favorável no mercado, uma vez que a “carne verde” atrai consumidores que dão preferência ao consumo de produtos mais ecológicos (ASSOCON, 2012). Segundo Lobato et al. (2014), os sistemas de corte desenvolvidos em pastagem proporcionam bem-estar animal e produzem um produto mais saudável, quando comparado com a carne produzida exclusivamente em sistemas intensivos.

Contudo, em razão das diferenças climáticas estacionais, o crescimento forrageiro não é constante ao longo do ano, levando a flutuações na produtividade e qualidade das plantas (Hill et al., 2009). Aproximadamente 70 a 80% da produção forrageira concentra-se na época das chuvas na maioria das regiões brasileiras, em decorrência da baixa precipitação, luminosidade e temperatura (Monteiro, 2009). Juntamente com a produtividade, o valor nutritivo também apresenta modificações, dificultando o equilíbrio entre oferta e demanda em virtude dessa produção estacional (Daher et al., 2017). Portanto, conservar forragem para suplementar os animais na época seca do ano é fundamental para assegurar a manutenção dos índices produtivos do rebanho.

Características do processo de ensilagem

A ensilagem é um método de conservação, que consiste no armazenamento da forragem em condições de anaerobiose, a partir do desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido láctico. Essas bactérias tem capacidade de converter os carboidratos solúveis disponíveis no meio em ácidos orgânicos, promovendo a redução do pH e, conseqüentemente, a inibição de microrganismos deletérios (Pahlow et al., 2003; Muck, 2010).

O processo de produção de silagem é dividido em quatro etapas: (1) a fase aeróbia inicial, que ocorre imediatamente após a colheita, onde prevalece a respiração celular e a utilização dos carboidratos solúveis como substrato principal; (2) a fase de fermentação, caracterizada pelo início do crescimento dos microrganismos anaeróbios, resultando na produção de ácido acético, etanol, ácido láctico e gás carbônico (CO₂); (3) a fase de armazenamento e estabilidade no silo, caracterizada pela baixa atividade microbiana, prevalência da fermentação láctica e pH oscilando entre 3,8 e 4,2; e (4) fase de abertura ou de saída, quando o material é exposto ao ar e, novamente, tem-se o crescimento das populações de microrganismos indesejáveis, bactérias aeróbias, fungos e leveduras, e início da deterioração do material (Wilkinson and Davies, 2013).

Os fatores que interferem, de forma conjunta e/ou isolada, no sucesso da ensilagem e ou nas perdas durante a fermentação incluem as características da planta forrageira e as práticas de manejo, colheita e armazenamento (Dos Santos et al., 2010). Considerando as características da planta a ser conservada, os três fatores mais importantes são o teor de matéria seca (MS), de carboidratos solúveis (CS) e a capacidade tampão (CT) (Driehuis and Van Wixselaar, 2000).

O teor de MS, no momento da ensilagem é muito importante, pois teores de MS abaixo de 20% irão proporcionar alta produção de efluentes, lixiviação de compostos nitrogenados, de açúcares solúveis, de ácidos orgânicos e de sais minerais. Além de colaborar para o surgimento de fermentações oriundas de microrganismos indesejáveis (Jobim et al., 2007). Os CS são os principais substratos para as bactérias ácido lácticas (BALs), incluindo a glicose, a frutose, a galactose, as frutanas e a sacarose e, estão contidos principalmente nos colmos das forrageiras (Woolford, 1984). Os teores mínimos de CS indicados para adequado processo de fermentação estão na faixa de 8% a 10% da MS. Define-se como CT a resistência que a massa de forragem apresenta à redução do pH. Assim, as forrageiras devem possuir baixa CT para que o processo de fermentação da silagem ocorra o mais rápido possível, para não comprometer a qualidade nutricional da silagem (Ávila et al., 2009).

Há uma importante interação entre CT e o teores de MS e CS. Assim, quando a relação entre CS e CT é baixa, a exemplo da maioria dos capins e leguminosas forrageiras tropicais, um teor mínimo (25%) de MS é necessário para evitar fermentações indesejáveis no interior do

silagem, o que obriga a inclusão de aditivos secos/energéticos, consórcio entre as espécies a serem ensiladas ou emurchecimento da planta (Dantas et al., 2010). Ressalta-se ainda que os referidos fatores que influenciam a qualidade da forragem (CT, CS e MS) resultam em diferentes efeitos no perfil fermentativo, com variação entre a espécie forrageira a ser ensilada (Santos et al., 2010).

Consórcio entre gramíneas e leguminosas para a produção de silagens

A silagem de culturas graníferas (milho, sorgo e milheto) são os principais volumosos utilizados nos sistemas de produção intensiva de ruminantes, principalmente na bovinocultura de corte (MAPA, 2018). Para que a silagem se torne mais competitiva, em relação aos demais volumosos, é necessário escolher híbridos que apresentem alta produtividade, elevada energia digestível, além de boa capacidade fermentativa (de Oliveira et al., 2017).

A grande problemática na utilização da silagem exclusiva de culturas graníferas para alimentação animal está no baixo conteúdo de proteína do material (Khan et al., 2015; Sucu et al., 2016). Assim, uma forma de aumentar o teor de proteína destas silagens seria a inclusão de leguminosas, produzindo silagens mistas.

Em sistemas consorciados, a competição é um importante fator que necessita ser considerado para determinar a compatibilidade das culturas. Nos consórcios de gramíneas com leguminosas, os arranjos espaciais são importantes para determinar o grau de inter e intra competição de espécies (Iqbal et al., 2019). Sharma et al. (2009) relataram que o consórcio de feijão-caupi (C) com sorgo (S), em proporções de 2:2 fileiras, apresentou uma produção de forragem de 14,88 t/ha/MS, superior quando comparada as demais proporções estudadas.

Em um experimento avaliando a relação custo-benefício de diferentes sistemas consorciados de sorgo e leguminosas, Langat et al. (2016) verificaram que todos os parâmetros agrônômicos do cultivo de sorgo foram significativamente melhorados quando este foi consorciado com amendoim, na proporção de 1:1 na linha, enquanto a proporção de 2:2 na linha apresentou o maior retorno financeiro e relação custo-benefício. Também concluíram que o consórcio de sorgo com diferentes leguminosas resultou em uma biomassa menor de plantas daninhas, e conseqüentemente, aumentou a produção de sorgo, os retornos econômicos e a relação custo-benefício.

Ibrahim et al. (2006) compararam o rendimento e a qualidade da forragem de milho e feijão-caupi semeados solteiros e em consórcio em diferentes proporções. A combinação de sementes de milho e feijão-caupi de 75:25 proporcionou maior produção de MS (13,26 t/ha) e

maior teor de proteína bruta (10,45%) do que apenas a cultura do milho solteiro (11,88 t/ha e 8,50 % PB, respectivamente). Em um consórcio de leguminosas com milho forrageiro Dahmardeh et al. (2009) observaram teores de FDA máximo de 31,85% para o milho solteiro, enquanto que o consórcio (proporção de sementes de feijão-caupi de 50%) resultou em teores de FDA de 25%, o que segundo os autores pode indicar um aumento potencial no consumo de forragem.

Jahanzad et al. (2016) relataram algumas vantagens da silagem consorciada, produzida com 40% de milheto e 60% de soja. Entre os consórcios, a proporção 40:60 apresentou maior concentração de ácido láctico (6,06 g/kg) e menor teor de FDN (433 g/kg) da silagem, além de ter proporcionado maior lucratividade.

Produção de feno e pré-secado de capins tropicais

A produção de feno consiste na desidratação da forragem, a campo, para que o conteúdo de água seja reduzido para 15 a 20%, valor de umidade que inibe o crescimento de fungos e outros microrganismos indesejáveis. O processo de fenação se inicia com o corte da forragem e seu espalhamento no campo, para facilitar a perda de água. Assim que a forragem atinge 75 a 80% de MS ela é enleirada, enfardada e encaminhada para lugares arejados e cobertos para evitar perdas (Teguh et al., 2018).

Embora seja uma técnica de conservação amplamente utilizada no mundo, no Brasil a prática da fenação ainda é limitada (Morales, 2018). O mesmo autor apontou que os principais motivos da sua baixa utilização são: falta de tradição por parte dos produtores, desconhecimento da técnica de fenação, alto investimento em máquinas para a produção, relevo (dificulta a mecanização) e clima úmido, que atrapalha o processo. De todos esses fatores, o clima talvez seja o que mais interfira na produção de fenos, pois a desidratação completa pode levar de 24 a 72 horas, a depender das condições do tempo local, onde a ocorrência de chuvas durante esse processo pode inviabilizar todo o feno produzido (Evangelista and Lima, 2013). Desta forma, muitos produtores optam pela produção do pré-secado, principalmente nos períodos do ano onde a ocorrência de chuvas é constante.

O processo de produção de fenos e pré-secados são bem semelhantes. Em alguns aspectos, a diferença está no teor de umidade no enfardamento do material (40-60%) e a necessidade de filme plástico para manter a anaerobiose dos fardos de pré-secado (Borreani et al., 2007). Desta forma, a combinação entre secagem (aumento da pressão osmótica) e fermentação anaeróbia (McDonald et al., 1991) são responsáveis por inibir o crescimento de

microrganismos indesejáveis e por conservar a forragem (Müller, 2018). Como características comuns, os pré-secados apresentam maior concentração de carboidratos solúveis residuais, maior pH e menores concentrações de ácidos orgânicos (ácido lático), nitrogênio amoniacal e álcoois, quando comparado com as silagens (Müller et al., 2016)

A escolha das espécies forrageiras utilizadas para a produção do feno e do pré-secado depende das condições edafoclimáticas do local. As forrageiras mais utilizadas no mundo para produção de feno e de pré-secado são as de clima temperado, tais como alfafa, aveia, azevém, triticale e cevada. Todavia, em regiões de clima quente, como o Centro-Oeste brasileiro, os capins tropicais (Cynodons, Panicuns, Braquiárias e milheto) são os mais utilizados (Amorim et al., 2017).

Feno e pré-secado de consórcio entre capim e leguminosa

As leguminosas consorciadas com gramíneas têm sido utilizadas como fonte de alimento para os ruminantes, na forma de pastejo, feno, pré-secado e silagem. Contudo, a caracterização química dessas plantas pode auxiliar na escolha do melhor uso das mesmas para alimentação animal (Barcellos et al., 2008).

Na literatura existem alguns trabalhos que observaram melhorias na produtividade e na qualidade de pré-secados de capins tropicais em consórcio com leguminosas. Rodríguez et al. (2010) avaliaram o consórcio de feijão-guandu com capim da Índia para a produção de feno, em diferentes proporções: 100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100, respectivamente. Os autores observaram que o acréscimo de leguminosa na mistura aumentou ($P < 0,05$) o teor de PB (acréscimo de 9,3% na proporção máxima da leguminosa), enquanto que os teores de FDN e FDA diminuiram 21,9% e 14,4%, respectivamente, em comparação ao tratamento controle (capim solteiro).

O feijão-caupi consorciado com o milheto para feno apresentou teores de PB de 152,52 g/kg, enquanto que o milheto solteiro apresentou média de 119,65 g/kg, ou seja, um aumento de 27,5% nos teores de PB (Salama and Zeid, 2016). Os resultados desse estudo também confirmaram que a mistura de milheto com leguminosas foi uma técnica eficaz para a produção de feno de qualidade, ou seja, fenos com menores conteúdos de FDN e FDA em relação aos fenos de gramíneas solteiras.

Ao compararem três sistemas de produção de feno, alfafa solteira, milho + alfafa (relação 5:1) e centeio + alfafa (relação 5:1), Zhang et al. (2015) observaram que os consórcios apresentaram maior performance em relação ao cultivo solteiro da alfafa. Segundo os autores,

os aumentos líquidos foram de 9,52% e 34,81% no rendimento de MS, 42,13% e 16,74% no rendimento de PB, 25,94% e 69,99% no rendimento de MS degradável no rúmen e 16,96% e 5,50% no rendimento de PB degradável no rúmen, respectivamente, quando comparado com o tratamento da alfafa solteira. Verificaram ainda, no sistema consorciado, um provável efeito associativo positivo quando esses volumosos foram degradados no rúmen, e exibiram uma maior degradabilidade efetiva dos caules das plantas.

Hendricks et al. (2020) compararam o valor nutritivo e a massa de forragem do capim Tifton 85 com e sem alfafa, quando colhido como pré-secado. O consórcio teve maior teor de PB (média de 191,3 g/kg) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) (média 682,5 g/kg) do que o Tifton 85 solteiros (média 116,0 g/kg de PB e 643,7 g/kg de NDT), sugerindo que esta mistura necessitaria de menos ou de nenhuma suplementação para atender às necessidades nutricionais de uma vaca em lactação.

Basaran et al. (2017), avaliando o consórcio do híbrido *Sorghum bicolor* var. Sudanense (S) com leguminosas, soja forrageira (Syem) e feijão-caupi (C), em diferentes taxas de semeadura (100S:100Syem/C; 50S:100Syem/C e 100S:50 Syem/C), verificaram maior rendimento de feno (21,61 t/ha) e maior rendimento de proteína (2,85 t/ha) para o consórcio de sorgo com soja, na taxa de semeadura de 100:100.

Foster et al. (2009), em um ensaio de consumo e digestibilidade aparente da MS com cordeiros alimentados com dietas de pré-secado de *Paspalum notatum* Flüggé cv. Tifton 9 e ou suplementados com 50% da MS com fenos de leguminosas de estação quente, verificaram que, quando comparados com o pré-secado, o feno de feijão-caupi apresentou maior digestibilidade e acréscimo do consumo de MS pelos cordeiros (67% e 747g/dia, respectivamente).

OBJETIVOS

Objetivo geral

Identificar a espécie de leguminosa para consórcio com milho, visando produção de silagem, ou com capim Tamani, visando produção de feno e pré-secado, para melhoria da produtividade e do valor nutricional das forragens conservadas.

Objetivos específicos

- I- Avaliar a produtividade e a composição química das forragens resultantes dos consórcios de milho com *Crotalaria juncea* e *Crotalaria ochroleuca* em dois arranjos espaciais (A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; e A2= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa em linhas alternadas).
- II- Avaliar os parâmetros fermentativos, perfil de ácidos orgânicos e valor nutricional da silagem consorciada de milho com *Crotalaria juncea* e *Crotalaria ochroleuca*, em dois arranjos espaciais (A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; e A2= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa em linhas alternadas).
- III- Avaliar a produtividade e a composição química dos fenos e pré-secados resultantes dos consórcios do capim Tamani com as leguminosas, *Crotalaria ochroleuca*, feijão-caupi, soja e feijão-guandu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, D.S., De Sousa Carneiro, M.S., Do Nascimento, R.R., Da Silva, A.L., 2017. Pré-secado: Uma alternativa para aumentar a segurança alimentar dos rebanhos no período de escassez de forragem. *Rev. Electron. Vet.* 18, 1–13.
- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2020. Perfil da pecuária no Brasil 2020. BeefREPORT 49.
- ASSOCON, 2012. Levantamento da Assocon sobre o sistema de produção em confinamento no Brasil [WWW Document]. URL <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/giro-do-boi/assocon-divulga-i-censo-nacional-de-confinadores-de-2010-2011-e-estimativas-para-2012/>
- Ávila, C.L. da S., Pinto, J.C., Figueiredo, H.C.P., de Moraes, A.R., Pereira, O.G., Schwan, R.F., 2009. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas

- com *Lactobacillus buchneri*. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 779–787.
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000500001>
- Barcellos, A., Ramos, A.K.B., Vilela, L., Martha Junior, G.B., 2008. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 51–67. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300008>
- Basaran, U., Copur Dogrusoz, M., Gulumser, E., Mut, H., 2017. Hay yield and quality of intercropped sorghum-sudan grass hybrid and legumes with different seed ratio. *Turkish J. F. Crop.* 22, 47–53. <https://doi.org/10.17557/tjfc.301834>
- Borreani, G., Giaccone, D., Mimosi, A., & Tabacco, E., 2007. Comparison of hay and haylage from permanent alpine meadows in winter dairy cow diets. *Journal of dairy science*, 90(12), 5643-5650.
- Daher, R.F., Rodrigues, E.V., Maria do Socorro Bezerra de Araújo, L.S.P., Geraldo do Amaral Gravina, Francisco José da Silva Lédo, A.V.P., 2017. *Revista Agrarian. Rev. Agrar.* 4, 01–09.
- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syasar, B., Ramroudi, M., 2009. Effect of intercropping maize (*Zea mays* L.) with cow pea (*Vigna unguiculata* L.) on green forage yield and quality evaluation. *Asian J. Plant Sci.*
<https://doi.org/10.3923/ajps.2009.235.239>
- Dantas, C.C.O., Negrão, F.D.M., Zanine, A. de M., 2010. Produção de silagem de capim *Brachiaria decumbens*. *Pubvet*, 4, 956-961
- de Oliveira, I.L., Lima, L.M., Casagrande, D.R., Lara, M.A.S., Bernardes, T.F., 2017. Nutritive value of corn silage from intensive dairy farms in Brazil. *Rev. Bras. Zootec.* 46, 494–501. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000600004>
- Dos Santos, R.D., Pereira, L.G.R., Neves, A.L.A., Azevêdo, J.A.G., De Moraes, S.A., Costa, C.T.F., 2010. Agronomic characteristics of maize varieties for silage production in the submédio São Francisco river valley. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 32, 367–373. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i4.9299>
- Driehuis, F., Van Wixelaar, P.G., 2000. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. *J. Sci. Food Agric.* 80, 711–718.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000501\)80:6<711::AID-JSFA593>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000501)80:6<711::AID-JSFA593>3.0.CO;2-6)
- Evangelista, A.R., Lima, J.A., 2013. Produção de feno. *Inf. Agropecuário* 34, 43–52.
- Foster, J.L., Adesogan, A.T., Carter, J.N., Blount, A.R., Myer, R.O., Phatak, S.C., 2009. Intake, digestibility, and nitrogen retention by sheep supplemented with warm-season legume haylages or soybean meal. *J. Anim. Sci.* 87, 2899–2905.
<https://doi.org/10.2527/jas.2009-1828>
- Hendricks, T.J., Tucker, J.J., Hancock, D.W., Mullenix, M.K., Baxter, L.L., Stewart, R.L., Segers, J.R., Bernard, J.K., 2020. Forage accumulation and nutritive value of bermudagrass and alfalfa–bermudagrass mixtures when harvested for baleage. *Crop Sci.* 60, 2792–2801. <https://doi.org/10.1002/csc2.20222>

- Hill, J.O., Coates, D.B., Whitbread, A.M., Clem, R.L., Robertson, M.J., Pengelly, B.C., 2009. Seasonal changes in pasture quality and diet selection and their relationship with liveweight gain of steers grazing tropical grass and grasslegume pastures in northern Australia. *Anim. Prod. Sci.* 49, 983–993. <https://doi.org/10.1071/EA06331>
- IBGE, 2019. Censo agropecuário 2017: resultados definitivos. Censo agropecuário 8, 1–105.
- Ibrahim, M., Rafiq, M., Sultan, A., 2006. Green Fodder Yield and Quality Evaluation of Maize and Cowpea Sown Alone and 44, 15–22.
- Iqbal, M.A., Hamid, A., Hussain, I., Siddiqui, M.H., Ahmad, T., Khaliq, A., Ahmad, Z., 2019. Competitive indices in cereal and legume mixtures in a south Asian environment. *Agron. J.* 111, 242–249. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.11.0658>
- Jahanzad, E., Sadeghpour, A., Hashemi, M., Keshavarz Afshar, R., Hosseini, M.B., Barker, A. V., 2016. Silage fermentation profile, chemical composition and economic evaluation of millet and soya bean grown in monocultures and as intercrops. *Grass Forage Sci.* 71, 584–594. <https://doi.org/10.1111/gfs.12216>
- Jobim, C.C., Nussio, L.G., Reis, R.A., Schmidt, P., 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada Methodological advances in evaluation. *Rev. Bras. Zootec.* 36, 101–119.
- Khan, N.A., Yu, P., Ali, M., Cone, J.W., Hendriks, W.H., 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J. Sci. Food Agric.* 95, 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>
- Langat M.C., Okiro M.A, J.P, O., Gesimba, R.M., 2016. THE EFFECT OF INTERCROPPING GROUNDNUT (*Arachis hypogea* L.) WITH SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) ON YIELD AND CASH INCOME. *Agriculturaits.Czu.Cz* 39, 87–91.
- Lobato, J.F.P., Freitas, A.K., Devincenzi, T., Cardoso, L.L., Tarouco, J.U., Vieira, R.M., Dillenburg, D.R., Castro, I., 2014. Brazilian beef produced on pastures: Sustainable and healthy. *Meat Sci.* 98, 336–345. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.022>
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E., 1991. The biochemistry of silage. Lincoln: Chalcombe publications, 340p.
- Ministério da Agricultura, P. e A., 2018. Pecuária de baixa emissão de carbono: Tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de bovinos de corte e leite em sistemas confinados. Brasília.
- Monteiro, J.E.B.A., 2009. Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 530p.
- Morales, 2018. Grasslands in South America: Nature and Extent in Relation to Provision of Ecosystem Services., in: Squires, V.R., Dengler, J., Hua, L., & Feng, H. (Ed.), *Grasslands of the World: Diversity, Management and Conservation*. CRC Press, pp. 319–338. <https://doi.org/10.1201 / 9781498796262>

- Muck, R.E., 2010. Silage microbiology and its control through additives. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 183–191. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001300021>
- Müller, C.E., 2018. Silage and haylage for horses. *Grass Forage Sci.* 73, 815–827. <https://doi.org/10.1111/gfs.12387>
- Müller, C.E., Nostell, K., Bröjer, J., 2016. Methods for reduction of water soluble carbohydrate content in grass forages for horses. *Livest. Sci.* 186, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.011>
- Rodríguez, A.A., Carmona, D., González, L., Randel, P.F., Valencia, E., 2010. Chemical composition, in vitro degradability, and intake and digestibility by goats of pigeon pea (*Cajanus cajan* cv. Guerrero) and guinea-grass hay mixtures. *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 94, 269–273.
- Salama, H.S.A., Zeid, M.M.K., 2016. Hay quality evaluation of summer grass and legume forage monocultures and mixtures grown under irrigated conditions. *Aust. J. Crop Sci.* 10, 1543–1550. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.11.PNE113>
- Santos, M. V. F., Castro, A. G., Perea, J. M., García, A., Guim, A., & Hernández, M. P. 2010. Fato-res que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia*, 59(232), 25-43.
- Sharma, R.P., Raman, K.R., Singh, A.K., Poddar, B.K., Kumar, R., 2009. Production potential and economics of multi-cut forage sorghum (*Sorghum sudanense*) with legumes intercropping under various row proportions. *Range Manag. Agrofor.* 30, 67–71.
- Sucu, E., Kalkan, H., Canbolat, O., Filya, I., 2016. Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages. *Rev. Bras. Zootec.* 45, 596–603. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001000003>
- Teguh, S., Zuhri, S., Soemartono, Rining, E., 2018. Hay and Silage: Two Effective Ways of Animal Feed Ingredients Preservation for the Underdeveloped Rural Societies. *Adv. Sci. Lett.* 23, 12227–12230. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.10608>
- Wilkinson, J.M., Davies, D.R., 2013. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. *Grass Forage Sci.* 68, 1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>
- Woolford, M.K., 1984. *The silage fermentation*. New York: Marcel Dekker, 23-132
- Zhang, J., Yin, B., Xie, Y., Li, J., Yang, Z., Zhang, G., 2015. Legume-cereal intercropping improves forage yield, quality and degradability. *PLoS One* 10, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144813>

CAPÍTULO II

Aspectos agronômicos, composição química e digestibilidade de forragem provenientes do consórcio de milho com crotalária

RESUMO

O objetivo do experimento foi avaliar o efeito dos diferentes consórcios e arranjos espaciais entre milho e crotalárias, sobre as características agronômicas, composição química e digestibilidade da forragem produzida. O ensaio foi implantado em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x2, sendo três tipos de consórcios [milho solteiro (CSC), milho + *C. juncea* (CCJ) e milho + *C. ochroleuca* (CCO)], em dois arranjos espaciais [A1 (milho e leguminosa semeados na mesma linha) e A2 (milho e leguminosa semeados em linhas alternadas)], com seis repetições por tratamento, durante dois anos agrícolas. As forrageiras foram coletadas quando o grão de milho atingiu o estágio fenológico pastoso-farináceo. Foram avaliadas as produções de matéria seca (total e de cada espécie), as proporções botânicas, a composição química e a digestibilidade *in vitro* dos consórcios. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. A maior produção total de massa seca foi encontrada no consórcio CCO (11.140 kg/ha), no segundo ano. Já a maior produção de massa seca de milho (9.402 kg/ha) foi encontrada para o CSC. A maior produção total de matéria seca de leguminosa foi encontrada no consórcio CCJ. Quanto à composição química, os maiores teores de proteína bruta foram verificados no CCJ e CCO. Os menores teores de fibra em detergente ácido foram encontrados nos consórcios de CSC e CCO, os quais refletiram diretamente nos coeficientes de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca. Conclui-se que a *C. ochroleuca*, semeada na entre linha da cultura do milho, possui maior produtividade de massa, aliada ao melhor valor nutricional entre os consórcios testados.

Palavras-chave: arranjos espaciais; *Crotalaria juncea*; *Crotalaria ochroleuca*; consórcio gramínea-leguminosa

Agronomic aspects, chemical composition, and digestibility of forage from corn-crotalaria intercropping

ABSTRACT

The objective of the experiment was to evaluate the effect of different intercropping and spacing arrangements of corn and crotalaria on the agronomic characteristics, chemical composition, and digestibility of the forage produced. The trial was implemented as a randomized block design in a 3×2 factorial scheme, with three intercropping [single corn (CSC), corn + *Crotalaria juncea* (CCJ), and corn + *Crotalaria ochroleuca* (CCO)], in two spacing arrangements [A1 (corn and legume sown in the same row) and A2 (corn and legume sown in alternate rows)], with six repetitions per treatment, during two agricultural years. The forage plants were collected when the corn grain reached the pasty-farinaceous phenological stage. Dry matter yields (total and of each species), morphological composition, chemical composition, and *in vitro* digestibility of the intercropping were evaluated. The highest total production of dry matter was found in the CCO intercropping (11,140 kg/ha), in the second year. The highest corn dry matter production (9,402 kg/ha) was found for CSC. The highest production of dry matter from the legume was observed in the CCJ intercropping, in the two years. Regarding the chemical composition, the highest content of crude protein was seen in the CCJ and CCO intercropping. The lowest content of acid detergent fibre was found in the CSC and CCO, which directly reflected the coefficients of *in vitro* true DM digestibility. It is concluded that *C. ochroleuca*, sown between the rows of corn, has greater mass productivity, together with the best nutritional value among the tested intercropping.

Keywords: spacing arrangements; *Crotalaria juncea*; *Crotalaria ochroleuca*; grass-legume intercropping

INTRODUÇÃO

Por apresentar elevada produtividade e bom valor nutricional, a silagem de milho é um dos principais volumosos utilizados em sistemas intensivos de produção de ruminantes. No entanto, a silagem de milho apresenta baixas concentrações de proteína, exigindo suplementação com fontes proteicas para atender às necessidades dos animais (Riday and Albrecht, 2008). Essa suplementação poderia ser reduzida se a silagem de milho fosse produzida em consórcio com leguminosas (Soleymani et al., 2012).

Entre as várias espécies de leguminosas, o gênero *Crotalaria* spp. tem grande potencial para uso em consórcio com milho em condições tropicais (De Souza et al., 2019). As espécies de crotalária são menos exigentes em termos de fertilização do solo, requerem manejo simples, possuem um sistema radicular profundo, controlam populações de nematoides e contribuem para a fixação de nitrogênio no solo (Sangakkara et al., 2004; Tavares et al., 2011). Entre as principais espécies utilizadas em consórcio estão a *C. juncea* e a *C. ochroleuca* (Garcia and Silva, 2019). A *C. juncea* apresenta maior velocidade de crescimento e alta produção de massa de caules fibrosos. Em contrapartida, a *C. ochroleuca* apresenta menor velocidade de crescimento e menor teor de fibra nos caules (Pfüller et al., 2019).

As vantagens da utilização do consórcio entre milho e espécies de leguminosas está na melhoria da produtividade e do valor nutricional da massa de forragem (Kappes and Zancanaro, 2015). No entanto, algumas pesquisas demonstraram que a competição entre as duas culturas pode reduzir a massa de forragem e a produção de grãos de milho na área (Seran and Brintha, 2010). Segundo Zhang and Li (2003), espécies de leguminosas com alta taxa de crescimento (*C. juncea*), que são semeadas na mesma linha da cultura principal, podem prejudicar a produtividade de ambas as espécies, sendo indicado nesses casos, espécies de leguminosas com menores taxas de crescimento (*C. ochroleuca*). Assim, a correta seleção das espécies consorciadas e dos arranjos espaciais são fundamentais para alcançar o melhor equilíbrio entre as duas espécies na área, produzindo assim, uma forragem de melhor qualidade (Ceccon et al., 2013).

Diante disso, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do consórcio de milho com duas espécies de crotalária (*C. juncea* e *C. ochroleuca*), em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou em linhas alternadas) sobre as características agronômicas, composição química e digestibilidade das forragens produzidas. Este estudo foi baseado em duas hipóteses: i) O consórcio do milho com leguminosa de rápido crescimento, semeada na entre linha do milho, resultará em uma menor competição entre as espécies, levando

a maiores produtividades de forragem; ii) O consórcio do milho com crotalária de lento crescimento, semeada na mesma linha, produzirá forragens com melhor valor nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO, entre os meses de fevereiro e julho, de 2018 e 2019. As análises de composição química das forrageiras foram realizadas no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agropecuários, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Ambas as instituições estão localizadas no município de Dourados, MS.

O solo onde foi implantado o experimento é classificado como Latossolo vermelho escuro distroférico, textura muito argilosa (dos Santos et al., 2018). A análise de solo, para o primeiro ano de avaliação, apresentou o seguinte resultado: Areia: 82,45 g/kg; Silte: 191,33 g/kg; Argila: 720,94 g/kg; pH: 5,12; pH CaCl₂: 4,34; Al³⁺: 0,68 cmolc/dm³; Ca²⁺: 2,61 cmolc/dm³; Mg²⁺: 0,74 cmolc/dm³; H⁺ + Al³⁺ = 6,31 cmolc/dm³; K⁺ = 0,72 cmolc/dm³; P (Mehlich) = 10,11 mg/dm³; SB = 4,07 cmolc/dm³; CTC = 10,38 cmolc/dm³; V = 39,21%; C total = 2,52% e MO = 26,53g/kg. Já para o segundo ano experimental foi observada o seguinte resultado: Areia: 87,73 g/kg; Silte: 183,33 g/kg; Argila: 728,94 g/kg; pH: 5,26; pH CaCl₂: 4,48; Al³⁺: 0,60 cmolc/dm³; Ca²⁺: 2,37 cmolc/dm³; Mg²⁺: 0,64 cmolc/dm³; H⁺ + Al³⁺ = 7,31 cmolc/dm³; K⁺ = 0,52 cmolc/dm³; P (Mehlich) = 10,93 mg/dm³; SB = 3,54 cmolc/dm³; CTC = 10,85 cmolc/dm³; V = 32,62%; C total = 1,65% e MO = 28,53g/kg.

Com base nas análises de solo, foram calculadas as doses de calcário e dos adubos utilizados em cada um dos anos experimentais. A calagem foi feita com a aplicação de calcário dolomítico (PRNT 80%) nas doses de 2.300 kg/ha e 3.000 kg/ha para o primeiro e segundo ano, respectivamente. Para a adubação de semeadura foi utilizado 190 kg/ha da fórmula 04-18-18 (N-P-K) para o ano de 2018 e 200 kg/ha da fórmula 04-20-20 (N-P-K) para o ano de 2019. A fertilização de cobertura foi realizada 20 dias após a emergência das plantas, com 75 kg/ha de ureia protegida e 60 kg/ha de cloreto de potássio, para ambos os anos.

O clima da região é o Cwa (mesotérmico úmido, com verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen (Fietz and Fisch, 2008). Na tabela 1 estão apresentados os dados de temperatura, umidade relativa, precipitação e radiação observados durante os dois anos experimentais.

Tabela 1. Médias da temperatura do ar média (T med), máxima (T max) e mínima (T min), umidade relativa do ar (UR), precipitação (Prec) e radiação (Rad), observados durante os dois anos experimentais.

Mês	T med (°C)	TMax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Rad (W/m ²)
2018						
Fevereiro	25,05	31,2	20,75	77	283,8	10,75
Março	26,5	33,4	21,4	78	153,9	11,9
Abril	24,55	31,45	18,75	67	2,8	9,65
Maiο	21,7	28,8	16,2	71	7,4	6,7
Junho	20,2	26,3	13,45	76,5	11,4	5,3
Julho	21,7	30,4	13,9	59	45,8	6,4
2019						
Fevereiro	25,75	32,35	20,8	73	260,2	12,45
Março	25,1	31,5	21,1	73	195,9	12,7
Abril	24,1	30,6	19,7	79	49,6	9,6
Maiο	23,1	28,3	19	80	36,1	6,6
Junho	21,95	29,7	15,75	65,5	25,1	5,85
Julho	18,3	27	12,2	61	45,8	5,6

Fonte: https://clima.cpao.embrapa.br/?lc=site/banco-dados/base_dados

O ensaio foi implantado em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2, sendo três tipos de consórcio: [milho solteiro (CSC), consórcio de milho + *Crotalaria juncea* (CCJ) e milho + *Crotalaria ochroleuca* (CCO)]; e dois tipos de arranjo espacial: A1 (milho e crotalária semeados na mesma linha, com espaçamento entre linhas de 45 cm) e A2 (milho e crotalária em cultivo alternado, com espaçamento entre linhas de 45 cm), com seis repetições (Figura 1).

Os híbridos de milho utilizados foram o BRS 1010, no primeiro ano, e o RB9789 VIP3, no segundo ano. A semeadura das cultivares foi feita em fevereiro de cada ano, utilizando plantadeira SHM 1517 com espaçamento de 45 cm entre linhas. Determinou-se um estande de milho de 60.000 plantas/ha. Para os consórcios com a *Crotalaria juncea* foram utilizados 25 kg/ha e para a *Crotalaria ochroleuca* 12,5 kg/ha de sementes, prevendo populações de 222.222 plantas/ha e 444.444 plantas/ha, respectivamente. As parcelas experimentais foram constituídas por 14 linhas de 8 m de comprimento, excluindo 1 m em cada linha final na definição da área útil.

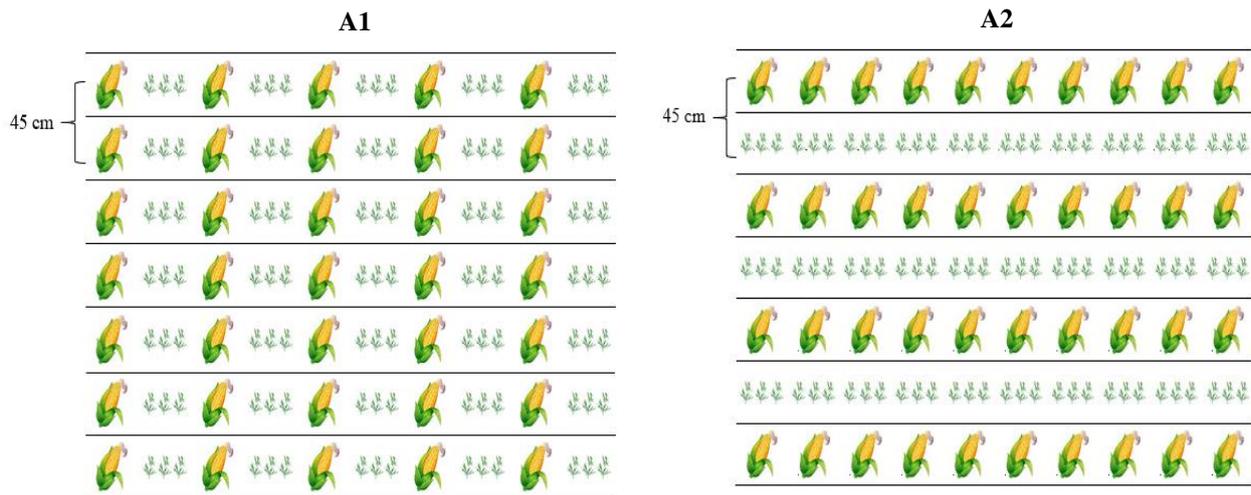


Figura 1. Esboço dos arranjos espaciais. A1 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas em linhas alternadas.

A colheita foi realizada manualmente a uma altura de 15 cm do solo, quando o milho atingiu o estágio fenológico pastoso-farináceo (aproximadamente 100 dias após o plantio). Foram coletadas nove amostras (2 m lineares de duas linhas) por parcela de cada espécie para a separação botânica e determinação dos teores de MS de cada uma das partes das plantas. As plantas de milho foram separadas em: caule, colmo mais bainha, panícula e espiga. As espécies de crotalária foram separadas em: caule, lâmina foliar mais pecíolo, inflorescência e vagens (quando presentes). A produção de forragem por hectare foi estimada pelo número total de plantas em cada parcela (milho ou milho mais crotalária), multiplicado pelo peso seco médio de cada planta e expressos em kg de MS/ha.

Para avaliação da composição química dos consórcios, foram coletadas amostras (4 m de duas linhas centrais) de plantas de cada parcela e submetidas à moagem em um triturador estacionário, para homogeneizar os consórcios e facilitar a amostragem. Uma amostra de aproximadamente 300 g de cada tratamento foi pré-seca em estufa com circulação forçada de ar a 60° C por 72 h para determinação da matéria seca. Após, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de malha de 1,0 mm. Os teores de matéria seca (MS), cinzas (método 942.05) e proteína bruta (PB) (método 976.06) foram determinados de acordo com AOAC (2005). A avaliação das proporções de fibras (fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina) seguiu os protocolos sugeridos por Mertens, (2002), com o uso de amilase termoestável para FDN. A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Tilley & Terry, (1963) e modificada por Holden, (1999).

Os dados foram analisados separadamente para cada ano do estudo, por meio do programa estatístico RStudio (R, 2009). Quando a interação dos fatores foi significativa ($\alpha \leq 0,05$), os fatores foram lidos separadamente para sua análise. No caso de interação não significativa, os fatores foram analisados por componente principal. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott com nível de significância de 5%. Os dados relacionados aos aspectos agronômicos foram analisados de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + S_i + SA_j + S * SA_{ij} + \epsilon_{ijk},$$

onde Y_{ijk} = variável dependente, μ = média geral, β_k = efeito de bloco (efeito aleatório; $k = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6), S_i = efeito de diferentes consórcios (efeito fixo; $i = \text{CSC, CCJ e CCO}$), SA_j = efeito do arranjo espacial (efeito fixo; $j = \text{A1 e A2}$), $S * SA_{ij}$ = efeito da interação entre os consórcios e arranjos espaciais, e ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação. Para os valores referentes à leguminosa, o tratamento CSC não foi considerado na análise estatística.

RESULTADOS

Primeiro ano de avaliação

Para o primeiro ano de avaliação não foram encontradas diferenças para a produção total de MS entre os tratamentos. No entanto, foram observadas diferenças entre as produções de milho e crotalárias (Tabela 2). O CCJ apresentou a menor produção de milho, em comparação com o CSC e o CCO, que não diferiram entre si. O plantio das duas espécies na mesma linha resultou em produções de milho inferiores às obtidas no espaçamento A2. Resultados inversos a esses foram observados para a produção de leguminosa, onde as maiores produções foram observadas para o CCJ no arranjo espacial A1.

A fração foliar do milho foi maior no consórcio de CCJ, em comparação ao CSC e CCO. Além disso, também houve diferença entre os arranjos espaciais, apresentando o maior valor foliar para o arranjo espacial A1 em relação ao arranjo A2. A fração do colmo do milho não diferiu entre as espécies, mas o maior valor foi obtido para os tratamentos cultivados no arranjo espacial A2, em comparação ao arranjo espacial A1. A diferença obtida na proporção de folha entre os consórcios não refletiu sobre a relação folha:colmo do milho. No entanto, foram

Tabela 2. Produção de matéria seca (MS) e características morfológicas de plantas de milho e crotalária, a partir do consórcio de milho e duas espécies de crotalária (*C. juncea* e *C. ochroleuca*), em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou na entre linha) para o ano de 2018.

Parâmetros	Espécies			Arranjos espaciais		EPM	P-valor		
	CSC	CCJ	CCO	A1	A2		Esp	AE	Esp*SA
Produção total de matéria seca, kg/ha	13.375	11.947	14.539	11.752	13.764	2,999	0,22	0,08	0,47
Milho									
Produção de milho MS, kg/ha	13.375 ^a	8.280 ^b	12.976 ^a	10.162 ^B	13.094 ^A	1,551	< 0,01	< 0,01	0,48
Folha, g/kg MS	188,8 ^b	201,9 ^a	182,1 ^b	216,2 ^A	167,4 ^B	14,9	0,01	< 0,01	0,21
Colmo, g/kg MS	234,3	251,4	256,1	229,2 ^B	275,6 ^A	29,5	0,11	< 0,01	0,39
Panícula, g/kg MS	14,8	14,2	15,4	15,8	14,6	2,1	0,19	0,12	0,35
Espiga, g/kg MS	562,1	532,5	545,5	538,7	542,1	33,5	0,07	0,81	0,32
Relação Folha:Colmo	0,82	0,83	0,75	0,9 ^A	0,6 ^B	0,1	0,14	< 0,01	0,51
Leguminosas									
Produção de leguminosa MS, kg/ha	-	3.667 ^a	1.563 ^b	1.590 ^A	670 ^B	87,98	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Folha, g/kg MS	-	117,8 ^b	193,1 ^a	175,3	165,0	64,8	< 0,01	0,70	0,50
Caule, g/kg MS	-	804,1 ^a	682,7 ^b	547,1	511,6	66,4	< 0,01	0,10	0,71
Inflorescência, g/kg MS	-	77,9 ^a	118,9 ^a	27,6	70,9	57,4	< 0,01	0,09	0,25
Relação Folha:Caule	-	0,10 ^b	0,30 ^a	0,3	0,3	0,1	< 0,01	0,94	0,50

CSC = cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e crotalária na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e crotalária em linhas alternadas; MS = matéria seca; EPM = erro padrão da média; - = não avaliado; Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. As letras maiúsculas representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e as letras minúsculas a diferença entre as espécies (Esp).

observadas diferenças na relação folha:colmo do milho entre os espaçamentos A1 e A2, sendo que os maiores valores foram observados com o arranjo espacial A1.

A proporção das frações folha e inflorescência da crotalária diferiram entre os consórcios, sendo os maiores valores reportados para CCO. Quanto à fração de caule, o CCJ foi o que apresentou maior média na comparação com o CCO. Esses resultados levaram a uma maior relação folha: caule de leguminosas para o CCO.

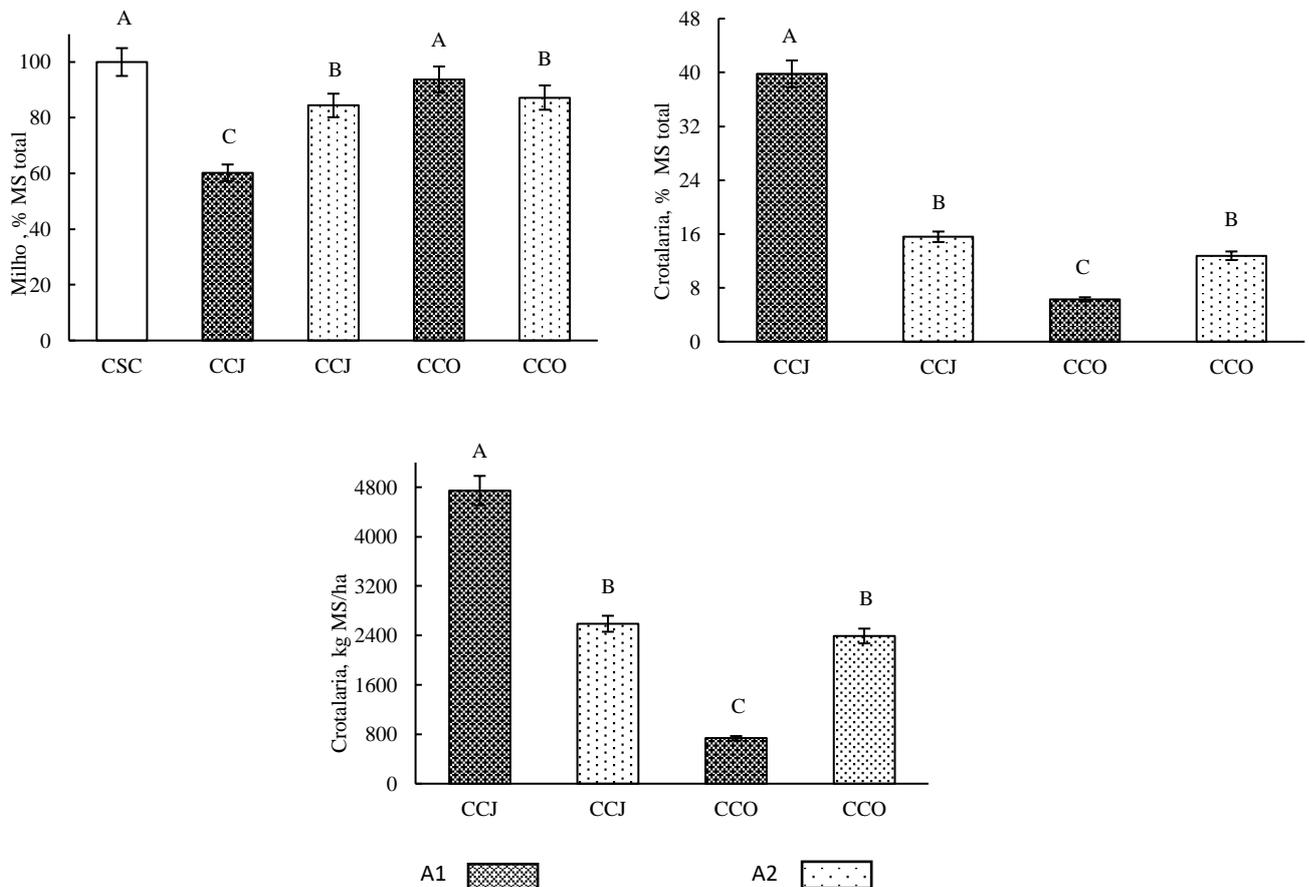


Figura 2. Porcentagem de milho e crotalária em relação a produção total de matéria seca (MS) e produção total de MS crotalária nos consórcios estudados para o ano de 2018. CSC = milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e leguminosas em linhas alternadas. Médias com letras diferentes indicam interação significativa entre arranjos espaciais e espécies de crotalária segundo o teste de Scott Knott a 5%.

Não foram observadas diferenças para as proporções de folha, caule, inflorescência e relação folha:caule entre os arranjos espaciais A1 e A2. Houve interação entre o tipo de consórcio e o arranjo espacial na proporção de MS produzida (% da MS total por área) entre as plantas de milho e crotalária (Figura 2). Como já era esperado, o tratamento CSC apresentou a

maior porcentagem de plantas de milho (100%). No entanto, não houve diferença desta em relação ao consórcio CCO no arranjo espacial A1. A menor proporção de MS de milho foi obtida no consórcio CCJ, no arranjo espacial A1, o que conseqüentemente faz desse o tratamento com maior proporção de leguminosas.

Os consórcios entre milho e leguminosas apresentaram maiores teores de PB quando comparados ao milho solteiro (Tabela 3). Dos consórcios, o CCJ foi o que apresentou maiores teores de PB (95,1g/kg MS), seguido do CCO (77,41 g/kg MS). Nas frações fibrosas, foi observado diferença nos teores de FDA e celulose, na qual o CCJ apresentou valores superiores em relação aos demais tratamentos. Os maiores coeficientes de DIVMS foram observados para o CSC (média de 806,6 g/kg MS), não havendo diferença na digestibilidade para CCJ e CCO. Não foram observadas diferenças entre os arranjos espaciais A1 e A2 na composição química e na digestibilidade das forragens no primeiro ano de avaliação.

Tabela 3. Composição química das forragens consorciadas de milho com duas espécies de crotalária (*C. juncea* ou *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou na entre linha) para o ano de 2018.

Parâmetros	Espécies			Arranjos espaciais		EPM	P-valor		
	CSC	CCJ	CCO	A1	A2		Esp	AE	Esp*AE
Matéria orgânica, g/kg MS	941,6	940,6	938,5	941,4	938,8	7,3	0,23	0,32	0,06
Proteína bruta, g/kg MS	75,8 ^b	95,1 ^a	77,4 ^b	81,5	80,1	13,3	0,02	0,77	0,73
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	506,0	574,9	546,4	546,1	540,7	47,1	0,06	0,74	0,96
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	251,6 ^b	340,6 ^a	267,6 ^b	284,9	292,5	56,2	0,01	0,75	0,71
Hemicelulose, g/kg MS	254,4	234,2	278,8	261,3	248,2	29,9	0,09	0,27	0,09
Celulose, g/kg MS	207,4 ^b	279,2 ^a	218,5 ^b	231,2	238,7	20,0	< 0,01	0,70	0,81
Lignina, g/kg MS	31,3	44,2	36,1	38,3	38,0	5,0	0,12	0,95	0,29
DIVMS, g/kg MS	806,6 ^a	754,4 ^b	766,9 ^b	778,7	774,8	37,2	0,02	0,79	0,37

CSC = cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e crotalária na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e crotalária em linhas alternadas; EPM = erro padrão da média; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. As letras maiúsculas representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e as letras minúsculas a diferença entre as espécies (Esp).

Segundo ano de avaliação

No segundo ano de avaliação foi observada interação entre os tipos de consórcio e os arranjos espaciais testados (Tabela 4 e Figura 3). Os maiores valores de produção de MS de forragem foram obtidos para o CCO e o CCJ, ambos cultivados no arranjo espacial A2. As menores produções totais de MS foram observadas para o tratamento CCJ cultivado no arranjo espacial A1. O CCJ apresentou a menor produção de milho, seguido do CCO e CSC. O plantio das duas espécies na mesma linha resultou em produção de 6.391 kg de MS/ha de milho, valor inferior ao obtido no espaçamento A2. Resultados inversos a esses foram obtidos para a produção de leguminosa, onde as maiores produções foram observadas para o CCJ, no arranjo espacial A1.

As proporções da fração folha:colmo apresentaram valores menores no tratamento CSC quando comparado aos CCO e CCJ, o que resultou em uma maior proporção de espigas no CSC em comparação aos demais tratamentos (Tabela 4). Foi observada interação entre os fatores para a produção de espigas de milho (Figura 3). Verificou-se maior produção de espigas para o tratamento CSC, seguido do tratamento CCO no arranjo A2, CCJ no arranjo A2, CCO no arranjo A1 e CCJ no arranjo A1. A relação folha: colmo de milho não diferiu entre os consórcios testados. No entanto, houve maior relação folha:colmo de milho para as plantas cultivadas no arranjo espacial A1.

Tabela 4. Produção de matéria seca e características morfológicas de plantas de milho e crotalárias, a partir dos consórcios com milho e duas espécies de crotalária (*C. juncea* ou *C. ochroleuca*), em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou na entre linha) para o ano 2019.

Parâmetros	Espécies			Arranjos espaciais		EPM	P-valor		
	CSC	CCJ	CCO	A1	A2		Esp	AE	Esp*AE
Produção total de MS, kg/ha	9.402 ^b	9.410 ^b	11.140 ^a	7.487 ^B	12.482 ^A	667,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Milho									
Produção MS, kg/ha	9.402 ^a	6.106 ^c	8.477 ^b	6.391 ^B	10.381 ^A	955	< 0,01	< 0,01	0,56
Folha, g/kg MS	126,2 ^c	163,8 ^a	155,7 ^b	148,9	142,5	13,8	< 0,01	0,45	0,75
Colmo, g/kg MS	244,7 ^b	321,2 ^a	328,4 ^a	292,1	289,9	29,2	< 0,01	0,53	0,32
Panícula, g/kg MS	14,5	15,7	16,2	15,2	15,4	1,4	0,08	0,74	0,32
Espiga, g/kg MS	614,4 ^a	499,1 ^b	499,5 ^b	543,5	552,1	72,8	< 0,01	0,35	0,95
Relação Folha:Colmo	0,52	0,53	0,5	0,54 ^A	0,49 ^B	0,01	0,37	0,02	0,87
Leguminosa									
Produção MS, kg/ha	-	3.310 ^a	2.672 ^b	1.393 ^A	2.595 ^B	361,72	< 0,01	< 0,01	0,45
Folha, g/kg MS	-	111,9 ^a	118,6 ^a	128,5 ^A	107,6 ^B	22,1	< 0,01	< 0,01	0,65
Caule, g/kg MS	-	803,7 ^b	864,7 ^a	829,9	831,5	68,9	< 0,01	0,87	0,64
Inflorescência, g/kg MS	-	84,2 ^a	16,6 ^b	41,5 ^B	60,8 ^A	9,1	< 0,01	< 0,01	0,21
Relação Folha:Caule	-	0,16 ^a	0,15 ^a	0,11	0,09	0,02	< 0,01	0,26	0,09

CSC = cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e crotalária na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e crotalária em linhas alternadas; MS = matéria seca; EPM = erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. As letras maiúsculas representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e as letras minúsculas a diferença entre as espécies (Esp).

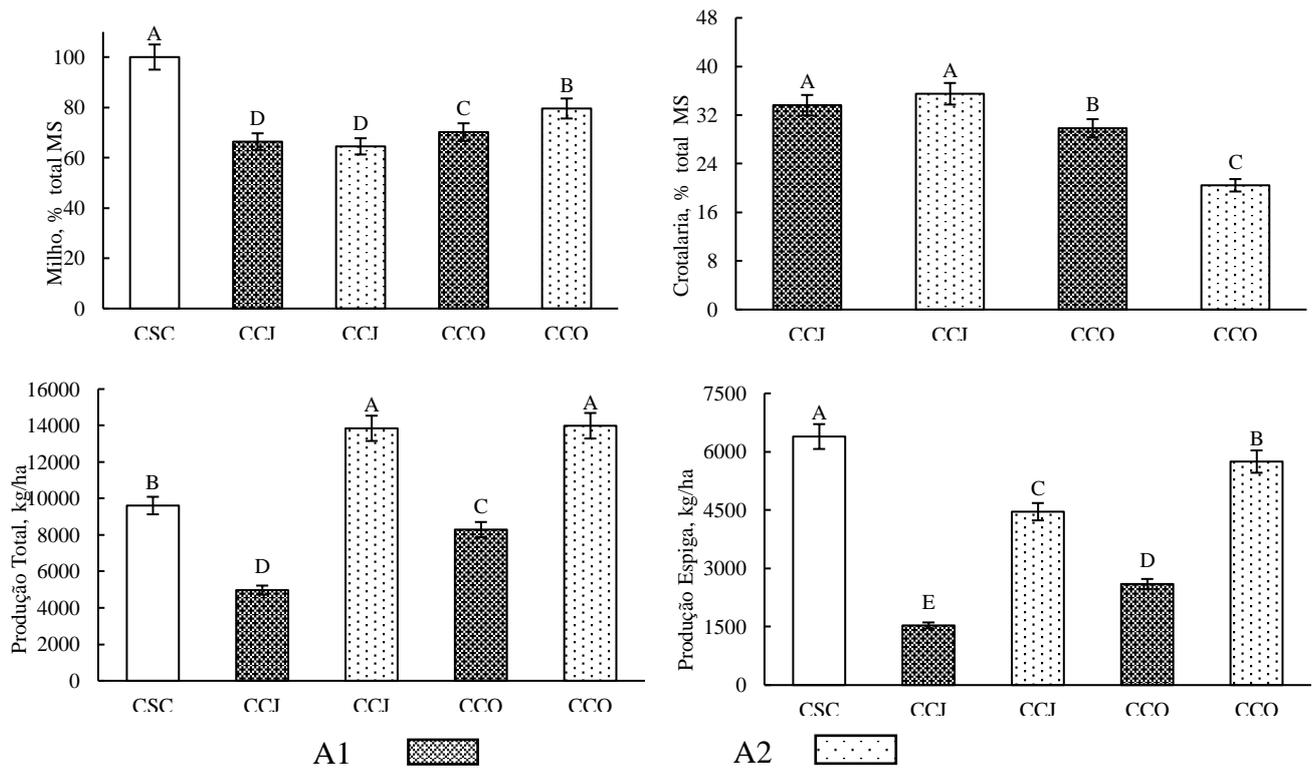


Figura 3. Porcentagem de milho e crotalaria na produção total de matéria seca e produção total de crotalaria nos consórcios estudados para o ano 2019. CSC = milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e leguminosas em linhas alternadas. Médias com letras diferentes indicam interação significativa entre arranjos espaciais e espécie de crotalaria segundo o teste de Scott Knott a 5%.

Tabela 5. Composição química das forragens consorciadas de milho com duas espécies de crotalária (*C. juncea* ou *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou na entre linha) para o ano de 2019.

Parâmetros	Espécies			Arranjos espaciais		EPM	P-valor		
	CSC	CCJ	CCO	A1	A2		Esp.	AE	Esp*AE
Matéria orgânica, g/kg MS	955,8	955,9	954,3	955,5	954,8	4,0248	0,65	0,38	0,66
Proteína bruta, g/kg MS	46,6 ^b	55,45 ^a	54,15 ^a	54,2	55,4	4,2528	0,02	0,27	0,33
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	629,4 ^b	653,5 ^a	659,15 ^a	666	646,65	32,547	0,02	0,71	0,16
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	230,4 ^b	262,4 ^a	235,45 ^b	243,9	253,95	12,261	0,01	0,75	0,11
Hemicelulose, g/kg MS	399	391,05	423,7	422,05	392,7	20,285	0,09	0,26	0,19
Celulose, g/kg MS	158,5 ^b	178,6 ^a	159,5 ^b	164,95	173,15	8,347	< 0,01	0,57	0,31
Lignina, g/kg MS	72	83,85	75,95	79	80,8	3,916	0,12	0,55	0,24
DIVMS, g/kg MS	651,1 ^a	624,35 ^b	650,3 ^a	644,7	629,95	32,004	0,02	0,59	0,67

CSC = cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCS = CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e crotalárias na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e crotalárias em linhas alternadas; EPM = erro padrão da média; MS = matéria seca; DIVMS = digestibilidade in vitro da matéria seca; Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade; As letras maiúsculas representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e as letras minúsculas a diferença entre as espécies (Esp).

A proporção de folhas de leguminosas e a relação folha:caule não diferiram entre os tratamentos CCO e CCJ. No entanto, as proporções de caule foram superiores para o CCO, o qual também apresentou valores inferiores de inflorescência (Tabela 4). O arranjo espacial também interferiu na proporção de folhas de leguminosa, sendo observados maiores valores para o arranjo espacial A1. As maiores proporções de inflorescência foram observadas para o arranjo espacial A2.

Quanto à composição química das forragens consorciadas, os arranjos espaciais não influenciaram os parâmetros avaliados (Tabela 5). Foram observados maiores teores para PB no CCJ e no CCO. Para FDN, a menor concentração foi encontrada no CSC. Já para FDA, os menores teores foram verificados no CSC e no CCO. Para celulose, os menores valores foram observados no CSC e no CCO. Para os demais nutrientes, não houve diferença ($P>0,05$).

O CCJ apresentou os maiores valores das frações fibrosas, o que acabou refletindo nos coeficientes de DIVMS (Tabela 5). Os maiores coeficientes de DIVMS foram observados para os tratamentos CSC e CCO. Da mesma forma que o primeiro ano de avaliação, não foram observadas diferenças entre os arranjos espaciais, A1 e A2, na composição química e na digestibilidade das forragens, no segundo ano de avaliação.

DISCUSSÃO

No primeiro ano de avaliação foram observadas maiores produções de milho em relação ao segundo ano de avaliação. Provavelmente, isso ocorreu devido às variações climáticas e de áreas experimentais distintas. Além disso, outro fator que merece destaque foi o uso de diferentes híbridos de milho. No primeiro ano foi utilizado o híbrido BRS 1010 e, no segundo ano, o híbrido RB9789 VIP3. Provavelmente, o menor desempenho das plantas de milho no segundo ano de avaliação pode ter colaborado para maior produtividade de massa das crotalárias.

Com base nos dados do segundo ano de avaliação, o uso da *C. juncea* e da *C. ochroleuca* na entrelinha (A2) aumentou a produtividade de MS por área. No entanto, o uso destas leguminosas na mesma linha do milho não trouxe benefícios em termos de produção de massa de forragem quando comparado ao CSC. Estes dados diferem dos resultados encontrados por Kappes and Zancanaro (2015), os quais constataram maiores produções de MS/ha quando a *C. juncea* e a *C. ochroleuca* foram cultivadas na mesma

linha do milho. Ainda assim, todos os tipos de consórcio entre milho e leguminosas (linha ou entre linha) foram capazes de produzir quantidades maiores de MS/ha quando comparado ao milho solteiro (Kappes and Zancanaro, 2015).

No caso dos dados obtidos neste trabalho, o CCJ e o CCO, no arranjo A2, produziram em média 4.400 kg MS/ha a mais do que o CSC, resultado que pode ser considerado muito interessante para os produtores, que têm como objetivo a produção de volumoso para a alimentação do rebanho, permitindo alimentar maior número de animais com a mesma área cultivada. Segundo Paz et al. (2017), as maiores produtividades de MS obtidas em alguns consórcios de milho com leguminosas se devem à otimização da área de semeadura, na qual a cultura secundária pouco interfere no crescimento do milho (baixa competição).

As gramíneas tropicais (milho) apresentam metabolismo C4, o qual resulta em plantas com maiores taxas de crescimento e de porte mais elevado, quando comparada com as leguminosas, que possuem metabolismo C3, tais como as crotalárias (Lempp, 2013). Embora seja a planta dominante no consórcio, o milho teve a sua produtividade de plantas e grãos prejudicada quando o consórcio foi realizado com a *C. juncea* (observado nos dois anos de avaliação). Segundo Lepcha et al. (2019), a *C. juncea* é, dentro da espécie, a que apresenta maior taxa de crescimento, o que pode levar a uma maior competição com a cultura principal. Os efeitos da competitividade entre as espécies foram mais evidentes quando as leguminosas foram semeadas na mesma linha da cultura do milho (arranjo espacial A1), no qual as duas culturas tiveram menor espaçamento entre plantas, o que resultou em maior competição por água, nutrientes e luz solar.

Por estar diretamente ligada à taxa fotossintética das plantas, a radiação interceptada pela planta pode interferir na morfologia das plantas do consórcio (Caron et al., 2014). Em um cenário competitivo, as plantas podem direcionar os fotoassimilados e seus derivados para a produção de caules (Baumann et al., 2001; Leonel et al., 2009), modificando assim suas características estruturais. Esse comportamento ficou evidente no segundo ano de avaliação, onde foi observada maior produção de caule, tanto para as crotalárias, quanto para o milho.

Segundo Lepcha et al. (2019), normalmente as leguminosas apresentam maiores níveis de PB quando comparadas às gramíneas. Por isso, os tratamentos que apresentaram maiores proporções de leguminosa foram os que apresentaram maiores teores de PB. O maior teor de PB observado nos consórcios do primeiro ano de avaliação deve-se,

provavelmente, ao tipo de híbrido de milho utilizado, o qual além de ser mais produtivo, também tem como característica maior teor de PB. Mesmo assim, o CCJ proporcionou, para ambos os anos, forragens com maiores teores de PB (em média 22% maior que o CSC), valores próximos aos obtidos por Zavala et al. (2011), com o mesmo tipo de consórcio (15,7% de incremento no teor de proteína).

Em contrapartida, a elevada produção de caules fibrosos, que é característica da *C. juncea* Morris and Kays (2005), proporcionou maiores teores das frações fibrosas na forragem nos dois anos de avaliação. O aumento nos teores de fibra da massa de forragem também foi descrito por Zavala et al. (2011), que encontraram valores médios de 389,0 g FDA/kg MS ao consorciarem o milho com *C. juncea*, o que correspondeu a um aumento de 23,6% em relação ao milho solteiro. Segundo os autores, o estágio fenológico (florescimento) da *C. juncea* no momento do corte favoreceu esse resultado. O mesmo comportamento foi observado neste trabalho, onde pode-se constatar a presença de grandes proporções de vagens no CCJ (planta no final do ciclo).

No segundo ano de avaliação, o efeito benéfico do consórcio entre milho e *C. ochroleuca* ficou mais evidente, uma vez que os níveis de PB foram numericamente mais elevados, sem que isso proporcionasse um aumento significativo dos níveis das frações fibrosas da massa de forragem quando comparado ao CSC. Segundo Parentoni et al. (2004), a *C. ochroleuca* apresenta menores teores de fibra nos caules quando comparada à *C. juncea*, o que contribui para a produção de forragens mais digestíveis e mais palatáveis aos animais.

Os valores dos coeficientes de DIVMS observados demonstraram que o CCO tem potencial de elevar os teores de PB, sem reduzir a digestibilidade do material (segundo ano de avaliação). Niderkorn et al. (2011), verificaram que a associação de leguminosas e gramíneas pode levar a uma resposta sinérgica com um efeito positivo na digestibilidade da MS.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a *Crotalaria ochroleuca*, semeada na entre linha da cultura do milho, apresentou maior produtividade de massa de forragem por área, associada aos maiores teores de proteína bruta (em relação ao milho), sem influenciar na digestibilidade. O consórcio de milho com leguminosa pode ser uma alternativa viável para o produtor

rural, visto sua boa produtividade e qualidade para fornecer aos ruminantes. Em dois anos de estudo, o consórcio que apresentou maior potencial foi o milho com a *C. ochroleuca*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo financiamento de parte desta pesquisa. À Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO e à Universidade Federal da Grande Dourados, pelo apoio na condução e elaboração deste trabalho. À Riber Sementes, pela doação das sementes de milho utilizadas neste experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC international, Arlington, VA.
- Baumann, D.T., Bastiaans, L., Kropff, M.J., 2001. Effects of intercropping on growth and reproductive capacity of late-emerging *Senecio vulgaris* L., with Special reference to competition for light. *Ann. Bot.* 87, 209–217.
<https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1320>
- Caron, B.O., Schmidt, D., Manfron, P.A., Behling, A., Eloy, E., Busanello, C., 2014. EFFICIENCY OF THE USE OF SOLAR RADIATION FOR PLANTS *Ilex paraguariensis*. *Ciência Florest.* 24, 257–265.
- Ceccon, G., Staut, L.A., Sagrilo, E., Machado, L.A.Z., Nunes, D.P., Alves, V.B., 2013. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 37, 204–212.
<https://doi.org/10.1590/s0100-06832013000100021>
- De Souza, R.T., De Assis Valadão, F.C., Júnior, D.D.V., Guimarães, P.R., De Paula, V.R.R., 2019. Maize-crotalaria intercropping systems. *Semin. Agrar.* 40, 1455–1467. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n4p1455>
- dos Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., dos Anjos, L.H.C., de Oliveira, V.Á., Lumbrreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A. de, Filho, J.C. de A., Oliveira, J.B. de, Cunha, T.J.F., 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos, Embrapa Solos.
- Fietz, C.R., Fisch, G.F., 2008. O Clima da Região de Dourados, MS. Embrapa Agropecuária Oeste 92, 32.
- Garcia, R.A., Silva, C.A. da, 2019. Consórcio de Milho com Crotalária: Alternativa para Diversificar Sistemas de Produção. Embrapa Agropecuária Oeste 17.

- Holden, L.A., 1999. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. *J. Dairy Sci.* 82, 1791–1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)
- Kappes, C., Zancanaro, L., 2015. Sistemas de Consórcios de Braquiária e de Crotalárias com a Cultura do Milho. *Rev. Bras. Milho e Sorgo* 14, 219–234. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p219-234>
- Lempp, B., 2013. Anatomia de Plantas forrageiras, in: Reis, R., Bernardes, T.F., Siqueira, G.R. (Eds.), *Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão Dos Recursos Forrageiros*. Funep, Jaboticabal, pp. 26–49.
- Leonel, F. de P., Pereira, J.C., Costa, M.G., de Marco Júnior, P., Lara, L.A., Queiroz, A.C. de, 2009. Productive performance and nutritional characteristics of signal grass intercropped with corn. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 177–189. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100022>
- Lepcha, I., Naumann, H.D., Fritschi, F.B., Kallenbach, R.L., 2019. Herbage accumulation, nutritive value, and regrowth potential of sunn hemp at different harvest regimens and maturity. *Crop Sci.* 59, 413–421. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0589>
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85, 1217–1240.
- Morris, J.B., Kays, S.E., 2005. Total dietary fiber variability in a cross section of *Crotalaria juncea* genetic resources. *Crop Sci.* 45, 1826–1829. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0630>
- Niderkorn, V., Baumont, R., le Morvan, A., Macheboeuf, D., 2011. Occurrence of associative effects between grasses and legumes in binary mixtures on in vitro rumen fermentation characteristics. *J. Anim. Sci.* 89, 1138–1145. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2819>
- Parentoni, N.S., Gomes e Gama, E.E., Dos Santos, M.X., Patto Pacheco, C.A., Correa, L.C., 2004. Híbrido simples de Milho BRS 1010 107, 1–6.
- Paz, L.B., Gallo, A. de S., Souza, R. de L., Oliveira, L.V.N., Cunha, C., Silva, R.F., 2017. Desempenho e produtividade do milho safrinha em consórcio com leguminosas em sistema orgânico. *Rev. Ciências Agrárias* 40, 788–794. <https://doi.org/10.19084/rca16240>
- Pfüller, E.E., Bueno Santos, D., Ferreira Aires, R., Galeano Samaniego, M.D.P., 2019. Aspectos fenológicos e produtividade de espécies de verão para cobertura de solo em Vacaria, RS. *Investig. Agrar.* 21, 23–30.
- Riday, H., Albrecht, K.A., 2008. Intercropping tropical vine legumes and maize for silage in temperate climates. *J. Sustain. Agric.* 32, 425–438. <https://doi.org/10.1080/10440040802257280>
- Sangakkara, U.R., Liedgens, M., Soldati, A., Stamp, P., 2004. Root and shoot growth of maize (*Zea mays*) as affected by incorporation of *Crotalaria juncea* and *Tithonia diversifolia* as green manures. *J. Agron. Crop Sci.* 190, 339–346. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00111.x>

- Seran, T., Brintha, I., 2010. Review on Maize Based Intercropping. *J. Agron.* 9, 135–145. <https://doi.org/10.3923/ja.2010.135.145>
- Soleymani, A., Shahrajabian, M.H., Naranjani, L., 2012. Evaluation the benefits of different berseem clover cultivars and forage corn intercropping in different levels of Nitrogen fertilizer. *J. Food, Agric. Environ.* 10, 599–601.
- Tavares, W.S., Cruz, I., Silva, R.B., Figueiredo, M.L.C., Ramalho, F.S., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C., 2011. Soil organisms associated to the weed suppressant *Crotalaria juncea* (Fabaceae) and its importance as a refuge for natural enemies. *Planta Daninha* 29, 473–479. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582011000300001>
- Tilley, J.M.A., Terry, R.A., 1963. A Two-Stage Technique for the in Vitro Digestion of Forage Crops. *Grass Forage Sci.* 18, 104–111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Zavala, D., Valencia, E., Randel, P.F., Ramos-Santana, R., 2011. Producción de ensilaje de maíz blanco (*Zea mays* L.) de alto valor proteico con y sin mazorca asociado con dos leguminosas anuales, lablab (*Lablab purpureus* L.) y crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 95, 151–167.
- Zhang, F., Li, L., 2003. Costs of secondary parasitism in the facultative hyperparasitoid *Pachycrepoideus dubius*: Does host size matter? *Entomol. Exp. Appl.* 103, 305–3012. <https://doi.org/10.1023/A>

CAPÍTULO III

Parâmetros fermentativos e composição química das silagens mistas, provenientes de consórcios entre milho e espécies de crotalária

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a influência dos consórcios entre milho e crotalárias sobre o processo fermentativo, o perfil de ácidos orgânicos e a composição química das silagens produzidas. O ensaio foi implantado em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2, sendo três tipos de consórcio [milho solteiro (CSC), milho + *C. juncea* (CCJ) e milho + *C. ochroleuca* (CCO)] em dois arranjos espaciais [A1 (com milho e leguminosa semeados na mesma linha) e A2 (com milho e leguminosa semeados em linhas alternadas)], com seis repetições por tratamento, avaliados em dois anos agrícolas. Para a produção das silagens, uma amostra representativa de cada um dos tratamentos foi colhida e triturada, para a produção das silagens. As silagens foram avaliadas quanto às perdas fermentativas, pH, teores de ácidos orgânicos, nitrogênio amoniacal, composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. A menor perda por gases foi observada nas silagens produzidas no primeiro ano com o CCJ e o CCO (11,6 g/kg MS para ambos). Os menores valores de pH foram verificados na silagem dos tratamentos CSC e CCJ (3,46 e 3,44, respectivamente) no segundo ano. Para o nitrogênio amoniacal (N-NH₃), as menores concentrações foram observadas para CSC e CCO (120,7 e 138 g/kg NT, respectivamente). Maiores teores de ácido lático e de proteína bruta foram obtidos na silagem produzida com o CCJ, nos dois anos de avaliação. Foram observados menores teores de fibra em detergente ácido na silagem dos tratamentos CSC e CCO, no arranjo espacial A2. Os maiores coeficientes de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca foram observados nas silagens oriundas do CSC e do CCO (820,6 e 798,0 g/kg MS, respectivamente). Conclui-se que o consórcio de milho com *C. ochroleuca* na entre linha aliou o aumento do teor de proteína bruta com a qualidade fermentativa e nutricional das silagens produzidas. O plantio de ambas as leguminosas na mesma linha do milho influenciaram negativamente as características fermentativas e nutricionais das silagens, não sendo indicada a sua utilização.

Palavras-chave: arranjos espaciais; consórcio gramínea-leguminosa; *Crotalaria juncea*; *Crotalaria ochroleuca*

Fermentative parameters and chemical composition of mixed silages from corn-crotalaria intercropping

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the influence of corn-crotalaria intercropping on the fermentative process, the organic acid profile, and the chemical composition of the silages produced. The trial was implemented in a randomized block design, in a 3×2 factorial scheme, with three types of intercrops [single corn (CSC), corn + *Crotalaria juncea* (CCJ), and corn + *Crotalaria ochroleuca* (CCO)] in two spatial arrangements [A1 (corn and legume sown in the same row) and A2 (corn and legume sown in alternate rows)], with six repetitions per treatment, evaluated in two agricultural years. The silages were evaluated for fermentative losses, pH, organic acids, ammonia nitrogen, chemical composition, and *in vitro* dry matter digestibility. The least amount of gas loss was observed in the silages produced in the first year with CCJ and the CCO (11.6 g/kg dry matter for both). The lowest pH values were verified in the silage of the treatments CSC and CCJ (3.46 and 3.44, respectively) in the second year, and for ammoniacal nitrogen (N-NH₃), the lowest concentrations were observed for CSC and CCO (120.7 and 138 g/kg total nitrogen, respectively). Higher levels of lactic acid and crude protein were obtained in the silage produced with CCJ, in both years of evaluation, whereas lower contents of acid detergent fiber were observed in the silage of the treatments CSC and CCO in the spatial arrangement A2. The largest coefficients of *in vitro* dry matter digestibility were observed in the silages originated from CSC and CCO (820.6 and 798.0 g/kg dry matter, respectively). These results suggest that the intercropping of corn with *C. ochroleuca* sown in alternate rows increase the crude protein content without reducing the fermentative and nutritional quality of the silages. The planting of both legumes in the same row with corn negatively influenced the fermentative and nutritional characteristics of the silages, and this method is not recommended.

Keywords: *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, grass-legume intercropping, spatial arrangement

INTRODUÇÃO

A ensilagem é uma das principais práticas de conservação de forragens realizadas no mundo. Dentre as diversas espécies de plantas utilizadas para a produção de silagem, o milho se destaca por aliar alta produção de massa e composição química favorável à fermentação (Allen et al., 2003). No entanto, o milho possui menor teor de proteína em relação às leguminosas (Htet et al., 2017). Por isso, é provável que o consórcio entre milho e leguminosas resulte em um volumoso mais completo para o atendimento das exigências dos animais (Riday and Albrecht, 2008). Segundo Baghdadi et al. (2016), a inclusão de leguminosas em consórcio para produção de silagens pode melhorar os teores de proteína bruta (PB) em até 37,7%, quando comparado às silagens exclusivas de milho.

As leguminosas tendem a apresentar baixos teores de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão (decorrente da maior quantidade de PB), o que dificulta a queda do pH e a produção de ácidos na silagem (Barbosa et al., 2011). Além disso, as leguminosas possuem baixos teores de MS, que podem contribuir para fermentações indesejáveis (Ridwan et al., 2015; Oliveira et al., 2016). Desta forma, o equilíbrio entre leguminosas e milho na área deve ser ajustado de maneira que haja a maximização dos níveis de proteína na dieta sem que isso leve à redução da qualidade fermentativa e nutricional da silagem (Adesogan et al., 2002; Baghdadi et al., 2016)

O milho, espécie de metabolismo C4, pode apresentar vantagem competitiva devido à maior taxa de crescimento em alta radiação solar se comparada às espécies C3, como é o caso da crotalária (Lempp, 2013). No entanto, cada espécie de crotalária possui uma velocidade de crescimento, e isso pode interferir diretamente na competição entre as espécies. Segundo Zhang & Li, (2003), espécies de leguminosas com alta taxa de crescimento (como é o caso da *C. juncea*), quando semeadas na mesma linha da cultura principal, podem prejudicar a produtividade de ambas as espécies. Segundo os mesmos autores, para o plantio na mesma linha são indicadas espécies de leguminosas com menores taxas de crescimento (por exemplo, a *C. ochroleuca*), as quais não irão competir com o crescimento da cultura principal.

Na literatura pode-se observar aumento da produtividade de forragem e incremento dos teores de proteína bruta das silagens de plantas de milho consorciadas com leguminosas (Obeid et al., 1992; Zavala et al., 2011). Porém, estudos avaliando o efeito dos diferentes tipos de consórcio sobre as características fermentativas e nutricionais das silagens provenientes do consórcio entre milho e crotalária ainda são escassos.

Diante disso, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência dos diferentes consórcios entre milho e crotalárias sobre o processo fermentativo, o perfil de ácidos orgânicos e a composição química das silagens produzidas. Este estudo foi baseado nas seguintes hipóteses: i) o consórcio de milho com crotalária produz silagens com melhor qualidade nutricional; ii) o plantio do consórcio em linhas alternadas resulta em silagens com melhor qualidade nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO, entre os meses de fevereiro e julho, dos anos de 2018 e 2019. As análises de composição química das forrageiras

foram realizadas no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agropecuários, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Ambas as instituições estão localizadas no município de Dourados, MS (22 ° 11'55" S, 54°56'7 " W e 452 m de altitude). O solo onde foi conduzido o experimento é classificado como Latossolo vermelho escuro distroférico, textura muito argilosa (dos Santos et al., 2018). O clima da região é o Cwa (mesotérmico úmido, com verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen (Fietz and Fisch, 2008).

O ensaio foi implantado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, sendo três tipos de consórcio [milho solteiro (CSC), milho + *C. juncea* (CCJ) e milho + *C. ochroleuca* (CCO)] em dois arranjos espaciais [A1 (com milho e leguminosa semeados na mesma linha) e A2 (com milho e leguminosa semeados em linhas alternadas)] conforme apresentado na Figura 4. Os híbridos de milho cultivados foram o BRS 1010, no primeiro ano, e o RB9789 VIP3, no segundo ano.

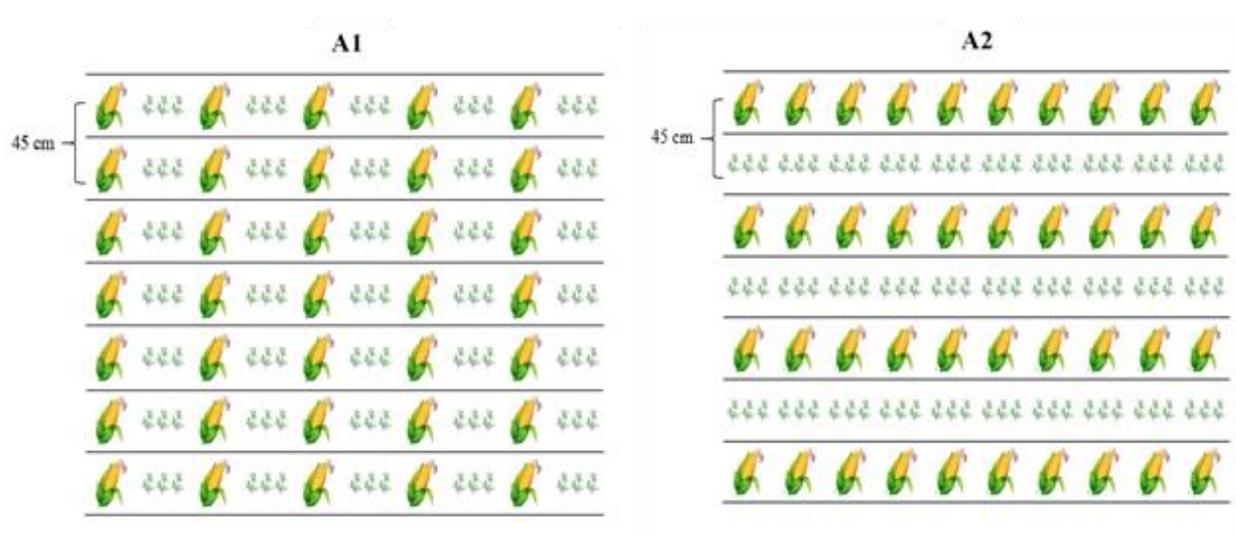


Figura 4. Esboço dos arranjos espaciais. A1 = 45 cm entre linha, com milho e leguminosas na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas em linhas alternadas.

A semeadura das plantas foi feita em fevereiro de cada ano, utilizando plantadeira SHM 1517 com espaçamento de 45 cm entre linhas. Determinou-se um estande de milho de 60.000 plantas/ha. Para os consórcios com a *C. juncea* foram utilizados 25 kg/ha e para *C. ochroleuca* 12,5 kg/ha de sementes, prevendo populações de 222.222 plantas/ha e 444.444 plantas/ha, respectivamente. As parcelas experimentais foram constituídas por 14 linhas de 8 m de comprimento, excluindo-se 1 m das bordaduras.

A colheita foi realizada manualmente a uma altura de 15 cm do solo, quando o milho atingiu o estágio fenológico pastoso-farináceo (aproximadamente 100 dias após o plantio). Foram coletadas todas as plantas (milho e crotalária) contidas na extensão (6 m) das linhas centrais de cada parcela e trituradas. Para obter uma maior homogeneidade da massa, as plantas de milho e leguminosas foram trituradas simultaneamente em um triturador de forragem estacionário, proporcionando um tamanho médio de partícula de 1,5 cm. Após isso, o material de cada parcela foi homogeneizado mais uma vez e utilizado para o enchimento dos silos experimentais. Durante o enchimento dos silos experimentais foram coletadas duas amostras da forragem triturada de cada tratamento: a primeira amostra, de aproximadamente 300 g, foi utilizada para determinar a composição química e os coeficientes de digestibilidade *in vitro*, e a segunda, de aproximadamente 70 g, foi congelada para posterior processamento e determinação dos valores de pH e de capacidade tampão.

Tabela 6. Relação milho:crotalária (%), capacidade tampão, pH, composição química e digestibilidade *in vitro* da MS das forragens derivadas dos consórcios entre milho e duas espécies de crotalária (*C. juncea* ou *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou em linhas alternadas).

Parâmetros	CSC	CCJ		CCO	
		A1	A2	A1	A2
Primeiro ano					
Relação milho:crotalária, %	100:0	60:40	82:18	92:8	90:10
CT, meq HCl/100g	4,8	7,4	5,6	7,1	6,2
pH	6,4	6,6	6,5	6,4	6,8
Matéria seca, g/kg de forragem	257,2	226,3	221,3	226,2	224,1
Matéria orgânica, g/kg MS	950,1	948,6	945,2	949,8	948,6
Proteína bruta, g/kg MS	72,7	72,7	74,3	77,2	82,1
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	485,4	502,4	501,9	498,8	498,5
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	263,4	271,4	265,9	273,8	277,5
Hemicelulose, g/kg MS	222,0	231,0	236,0	225,0	221,0
Celulose, g/kg MS	221,9	199,0	201,7	221,6	201,5
Lignina, g/kg MS	41,5	72,4	64,2	52,2	76,0
DIVMS, g/kg MS	821,1	763,7	720,4	798,2	797,8
Segundo ano					
Relação milho:crotalária, %	100:0	68:32	59:41	72:28	80:20
CT, meq HCl/100g	4,7	7,6	5,5	6,3	5,1
pH	6,0	5,2	5,2	6,0	5,6
Matéria seca, g/kg forragem	298,2	272,4	275,7	274,0	275,5
Matéria orgânica, g/kg MS	955,8	955,6	956,3	955,4	953,3
Proteína bruta, g/kg MS	46,6	55,6	55,3	52,8	55,5
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	629,4	681,8	625,2	650,2	668,1
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	230,4	256,9	267,9	230,9	240,0
Hemicelulose, g/kg MS	399,0	424,8	357,3	419,3	428,1
Celulose, g/kg MS	158,5	173,5	183,7	156,4	162,6
Lignina, g/kg MS	72,0	83,5	84,2	74,5	77,4
DIVMS, g/kg MS	651,1	645,3	603,4	644,1	656,5

CSC = cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e crotalária na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e crotalária em linhas alternadas; CT = capacidade tampão; pH = potencial hidrogeniônico; MS = matéria seca; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

A massa de forragem foi armazenada em silos construídos com tubos de PVC medindo 10 cm de diâmetro por 50 cm de altura, com volume útil de 3,8 L. O material foi compactado manualmente com auxílio de bastões de madeira para obtenção de densidade média de 820 kg/m³. No fundo de cada silo experimental havia 300 g de areia para a drenagem dos efluentes. Utilizou-se uma malha fina de tecido para evitar o contato da forragem com a areia. Após o enchimento, os silos foram lacrados com lona plástica dupla-face (preta e branca) e fita adesiva e armazenados em laboratório à temperatura ambiente, por 150 dias.

Para o cálculo das perdas fermentativas, todos os componentes dos silos experimentais (silo, areia e pano), bem como massa de forragem ensilada, foram pesados antes e depois da ensilagem. As perdas por gases (g/kg de MS ensilada), produção de efluente (g/kg de forragem ensilada) e recuperação de MS (g/kg de MS ensilada) foram medidas de acordo com as equações de (Li et al. 2017)

Após a abertura, todo o material contido em cada silo foi retirado e homogeneizado para a coleta de amostras. A primeira amostra, de aproximadamente 300 g, foi seca em estufa com circulação forçada a 60 °C por 72 h para o cálculo da MS. Depois, foi moída em moinho Willey com peneira de malha de 1,0 mm para determinação da composição química das silagens. Os teores de matéria seca (MS), cinzas (método 942.05) e proteína bruta (PB) (método 976.06) foram

determinados de acordo com AOAC (2005). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina foram analisadas conforme os protocolos sugeridos por Mertens (2002), com o uso de amilase termoestável para FDN. A DIVMS foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Tilley & Terry (1963).

A segunda amostra de silagem, de aproximadamente 70 g de cada tratamento, foi coletada e congelada para posterior determinação do pH e do perfil de ácidos orgânicos das silagens. As amostras congeladas (tanto da forragem fresca quanto das silagens) foram descongeladas para a produção de um extrato aquoso, que foi utilizado para avaliar o pH (inicial e final), o poder tampão (forragem inicial) e a concentração de ácidos orgânicos (silagem). Para obtenção do extrato aquoso, foram diluídos 25 g de forragem em 225 mL de água destilada e homogeneizados em liquidificador industrial por aproximadamente 5 minutos. O pH do extrato foi determinado usando um potenciômetro digital (mPA210 MS Tecnopon) e o poder tampão foi determinado de acordo com o método de Playne & McDonald (1966). Uma porção deste extrato foi filtrada através de filtro de papel, centrifugada por 15 min a 10.000 rpm e o sobrenadante foi congelado a -20 ° C para posterior análise de ácidos orgânicos voláteis. Os ácidos orgânicos foram determinados por cromatografia gasosa com detector de massa (GCMS QP 2010 Plus, Shimadzu, Kyoto, Japão) usando uma coluna capilar (Stabilwax, Restek, Bellefonte, EUA, 60 m, 0,25 mm Ø, 0,25 µm de polietileno cross bond carbowax glicol). A concentração de ácido láctico foi determinada pelo método colorimétrico proposto por Pryce (1969).

Os dados foram analisados por meio do programa estatístico RStudio (R, 2009). Quando a interação dos fatores foi significativa ($\alpha \leq 0,05$), os fatores foram lidos separadamente para sua análise. No caso de interação não significativa, os fatores foram analisados por componente principal. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott com nível de significância de 5%. Os dados relativos à silagem foram analisados de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + SA_j + S * SA_{ij} + \epsilon_{ijk},$$

onde Y_{ijk} = variável dependente, μ = média geral, S_i = efeito de diferentes consórcios (efeito fixo; $i = CSC, CCJ$ e CCO), SA_j = efeito de arranjo espacial (efeito fixo; $j = A1$ e $A2$), $S * SA_{ij}$ = efeito da interação entre as culturas consorciadas e arranjos espaciais, e ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação. Cada unidade experimental foi representada por um silo de PVC. Consistiram em seis silos por tratamento (k), totalizando 36 unidades experimentais para cada um dos anos avaliados.

RESULTADOS

Primeiro ano de avaliação

Não foram observadas diferenças nos valores de recuperação de MS e produção de efluentes entre as silagens dos diferentes tratamentos (Tabela 7). Todavia, os valores de perdas por gases foram menores nas silagens CCJ e CCO (11,6 g/kg MS, para ambos) quando comparados à silagem CSC. Não houve diferença entre o arranjo espacial A1 e A2 para a recuperação de MS, perda por gases e produção de efluente das silagens.

Os valores de pH das silagens variaram de 3,58 a 3,73. No entanto, não foram observadas diferenças neste parâmetro entre os tratamentos. Para a concentração de N-NH₃ foram encontrados menores valores para as silagens dos consórcios CSC e CCO, sendo que a silagem do CCJ foi a que apresentou o maior valor. Maiores concentrações de ácido láctico foram encontradas nas silagens dos consórcios CCJ e CSC, sendo que não houve diferença entre os arranjos espaciais. As concentrações de ácido acético não diferiram entre os consórcios e nem entre os arranjos espaciais. A concentração de ácido propiônico das silagens não diferiu entre os consórcios, mas a silagem do arranjo A1 apresentou maior concentração quando comparada à silagem do arranjo A2. Para ácido butírico foi observada menor concentração na silagem dos tratamentos CSC e CCO. Para os arranjos espaciais não foram encontradas diferenças.

Houve interação entre tipo de consórcio e arranjo espacial para o teor de PB das silagens (Figura 5 e Tabela 7). Foram observados maiores valores na silagem produzida com CCJ, no arranjo espacial A1, enquanto que a silagem de milho solteiro apresentou os menores valores para este parâmetro.

Tabela 7. Perdas fermentativas, perfil de fermentação e composição química de silagens mistas derivadas do consórcio de milho com duas espécies de crotalária (*C. juncea* ou *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou em linhas alternadas) para o ano de 2018.

Parâmetros	Espécies			Arranjos espaciais		EPM	P-value		
	CSC	CCJ	CCO	A1	A2		Esp	AE	Esp*AE
Recuperação de MS, g/kg MS	955,1	955,3	920,2	925,3	943,6	53,5	0,45	0,31	0,68
Perda por gases, g/kg MS	19,9 ^a	11,6 ^b	11,6 ^b	15,1	16,2	10,1	0,04	0,79	0,50
Produção de efluente, kg/t MS	40,7	41,0	51,9	39,9	46,8	20,3	0,38	0,39	0,73
pH	3,58	3,73	3,61	3,65	3,61	0,2	0,21	0,42	0,65
N-NH ₃ , g/kg NT	120,7 ^b	159,0 ^a	138,7 ^b	142,0	133,0	2,8	0,03	0,42	0,61
Ácido láctico, g/kg MS	39,2 ^a	42,6 ^a	23,8 ^b	34,0	32,5	7,7	<0,01	0,65	0,07
Ácido acético, g/kg MS	51,1	53,3	58,8	61,1	62,1	29,6	0,28	0,90	0,84
Ácido propiônico, g/kg MS	0,1	0,1	0,0	0,1 ^A	0,0 ^B	0,1	0,40	0,02	0,40
Ácido butírico, g/kg MS	0,3 ^b	1,2 ^a	0,3 ^b	0,5	0,4	0,6	0,01	0,57	0,75
Matéria seca, g/kg forragem	255,2 ^a	223,8 ^b	220,1 ^b	234,9	233,4	10,5	0,02	0,69	0,57
Matéria orgânica, g/kg MS	947,9	946,9	949,2	949,2	947,1	3,6	0,68	0,13	0,45
Proteína bruta, g/kg MS	75,93	90,09	79,66	80,1	75,5	2,3	<0,01	0,02	0,04
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	436,0 ^b	504,1 ^a	487,9 ^a	490,2	477,5	17,3	0,04	0,31	0,39
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	229,8	341,1	279,2	290,7	248,1	2,5	0,03	0,03	<0,01
Hemicelulose, g/kg MS	205,5	207,7	204,1	201,5	200,1	20,7	0,27	0,85	1,00
Celulose, g/kg MS	208,3	302,4	250,5	257,4	221,1	12,4	0,82	0,87	0,04
Lignina, g/kg MS	51,5 ^c	78,7 ^a	58,5 ^b	73,3	57,1	3,5	0,04	0,06	0,26
DIVMS, g/kg MS	820,6 ^a	742,1 ^b	798,0 ^a	794,3	786,2	49,3	0,048	0,68	0,75

CSC = cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e crotalária na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e crotalária em linhas alternadas; EPM = erro padrão da média; MS = matéria seca; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; NT = nitrogênio total; pH = potencial hidrogeniônico; Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade; As letras maiúsculas representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e as letras minúsculas a diferença entre as espécies (Esp)

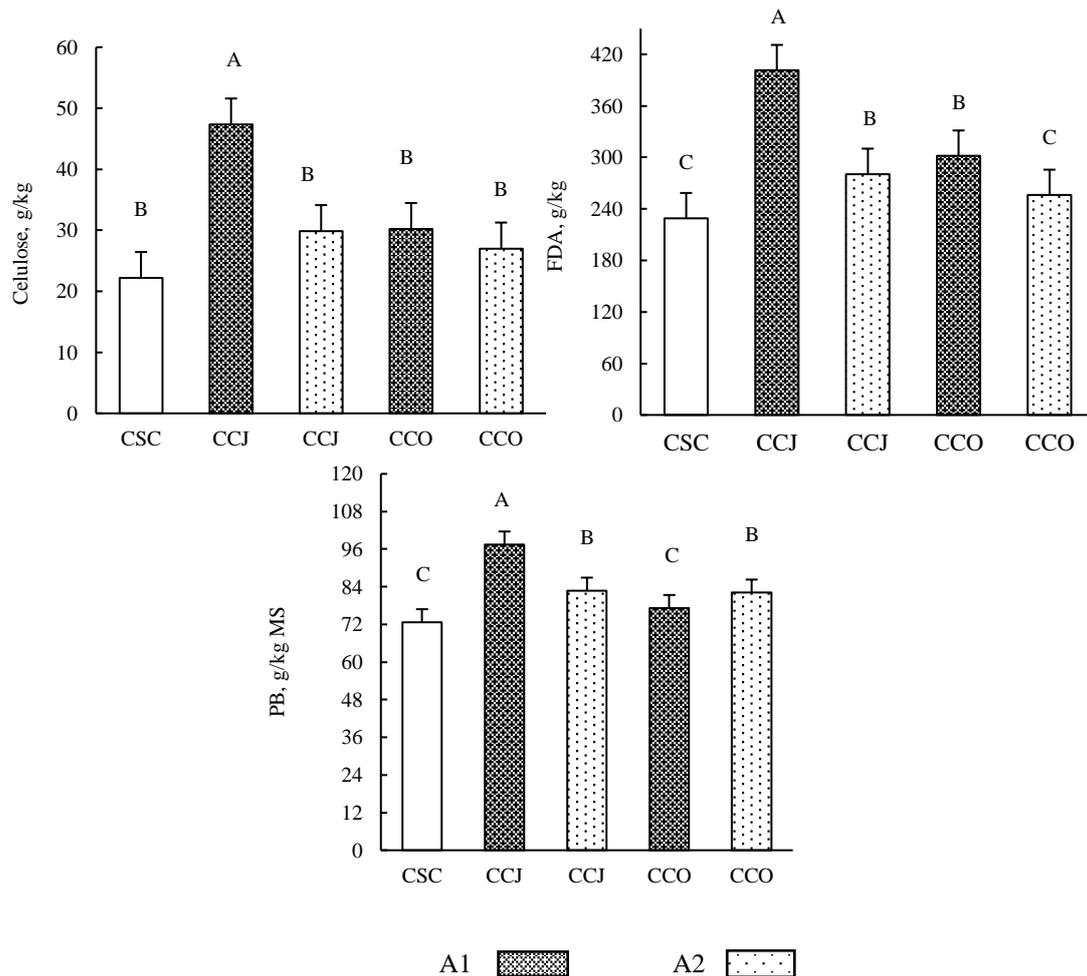


Figura 5. Teores de celulose, fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) nas silagens dos consórcios, obtidos no primeiro ano de avaliação (2018). CSC = cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e leguminosas em linhas alternadas. Médias com letras diferentes indicam interação significativa entre espécies de crotalárias e arranjos especiais de acordo com o teste de Scott Knott a 5%.

De maneira geral, com exceção dos teores de hemicelulose, a silagem do CCJ foi a que apresentou os maiores valores das frações fibrosas. Os teores de FDN da silagem do tratamento CCJ foram 15,2% maiores do que o teor de FDN obtido na silagem produzida com CSC. Foi verificada diferença apenas no teor de FDA das silagens entre os arranjos espaciais, onde o arranjo A1 proporcionou os maiores teores. Também houve diferença para a DIVMS das silagens produzidas, sendo observado menor DIVMS para o CCJ.

Segundo ano de avaliação

Não foram observadas diferenças na recuperação de MS, nas perdas por gases e na produção de efluente das silagens dos tratamentos testados. No entanto, foram observadas menores produções de efluentes nas silagens produzidas com as forragens cultivadas no arranjo espacial A2 (Tabela 8).

Os maiores valores de pH foram verificados nas silagens oriundas do CSC e do CCJ (3,46 e 3,44, respectivamente), não havendo diferenças nos valores de pH entre os arranjos espaciais, A1 e A2. Para a concentração de N-NH₃ foram encontrados os menores valores nas silagens do CSC e do CCO. Já com relação ao arranjo espacial, os menores valores de N-NH₃ foram observados para as silagens do arranjo espacial A2.

As maiores concentrações de ácido lático foram observadas nas silagens provenientes do CCJ, sendo observados teores de ácido lático de 7 e 18% menores para o CSC e o CCO, respectivamente. As concentrações de ácido acético foram menores nas silagens do CSC e do CCO, havendo um incremento de aproximadamente 27% nos teores de ácido acético nas silagens provenientes do CCJ. Os níveis de ácido propiônico foram maiores para as silagens do CSC e do CCJ. Não foram observadas diferenças nos teores de ácido butírico entre as silagens dos diferentes consórcios. O arranjo espacial não interferiu nos teores de ácidos orgânicos, com exceção do ácido butírico, que apresentou maior teor nas silagens provenientes do arranjo espacial A1.

Tabela 8. Perdas fermentativas, perfil de fermentação e composição química de silagens mistas derivadas do consórcio de milho com duas espécies de crotalária (*C. juncea* ou *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais (cultivo na mesma linha ou em linhas alternadas) para o ano de 2019.

Parâmetros	Espécies			Arranjos espaciais		EPM	P-value		
	CSC	CCJ	CCO	A1	A2		Esp,	AE	Esp*AE
Recuperação de MS, g/kg MS	978,1	979,5	981,1	977,1	980,2	0,85	0,50	0,06	0,10
Perda por gases, g/kg MS	24,2	25,8	27,4	25,5	26,4	0,98	0,39	0,76	0,43
Perda de efluente, kg/t forragem	66,5	62,6	62,1	70,1 ^A	57,3 ^B	2,33	0,45	<0,01	0,92
pH	3,46 ^a	3,44 ^a	3,37 ^b	3,43	3,41	0,12	0,01	0,42	0,20
N-NH ₃ , g/kg NT	122,8 ^b	141,3 ^a	125,3 ^b	134,3 ^A	124,3 ^B	3,15	0,01	0,05	0,22
Ácido láctico, g/kg MS	42,0 ^b	45,7 ^a	37,2 ^c	43,5	45,1	1,75	<0,01	0,52	0,13
Ácido acético g/kg MS	33,1 ^b	42,0 ^a	33,5 ^b	34,6	37,7	1,51	<0,01	0,16	0,21
Ácido propiônico, g/kg MS	7,6 ^a	7,1 ^a	5,6 ^b	7,1	6,5	0,33	<0,01	0,21	0,08
Ácido butírico, g/kg MS	10,2	11,6	9,8	12,1 ^A	8,9 ^B	0,70	0,39	<0,01	0,08
Matéria seca, g/kg forragem	339,5 ^a	309,1 ^b	303,1 ^b	318,1 ^A	336,3 ^B	4,80	<0,01	<0,01	0,32
Materia orgânica, g/kg MS	970,2	966,6	967,5	967,3	969,2	0,87	0,33	0,32	0,58
Proteína bruta, g/kg MS	42,2 ^c	59,5 ^a	49,5 ^b	52,5 ^A	48,2 ^B	1,70	<0,01	<0,01	0,02
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	654,7	675,4	638,2	660,3	652,1	4,73	<0,01	0,15	0,55
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	348,7 ^b	363,7 ^a	321,8 ^b	352,4	337,1	5,85	<0,01	0,05	0,01
Hemicelulose, g/kg MS	300,5	309,4	315,4	304,7	312,1	4,68	0,19	0,26	0,36
Celulose, g/kg MS	274,4	279,1	253,2	271,1	266,7	3,26	<0,01	0,30	0,03
Lignina, g/kg MS	71,5	84,5	68,3	80,2 ^A	69,3 ^B	3,01	<0,01	0,01	0,03
DIVMS, g/kg MS	628,7 ^a	587,5 ^b	633,1 ^a	610,5	622,4	6,24	<0,01	0,22	0,65

CSC = cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e crotalárias na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e crotalárias em linhas alternadas; EPM = erro padrão da média; MS = matéria seca; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; NT = nitrogênio total; pH = potencial hidrogeniônico; Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade; As letras maiúsculas representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e as letras minúsculas a diferença entre as espécies (Esp).

Houve interação entre os tipos de consórcio e os arranjos espaciais nos valores de FDA, PB, celulose e lignina das silagens testadas no segundo ano de avaliação (Figura 6).

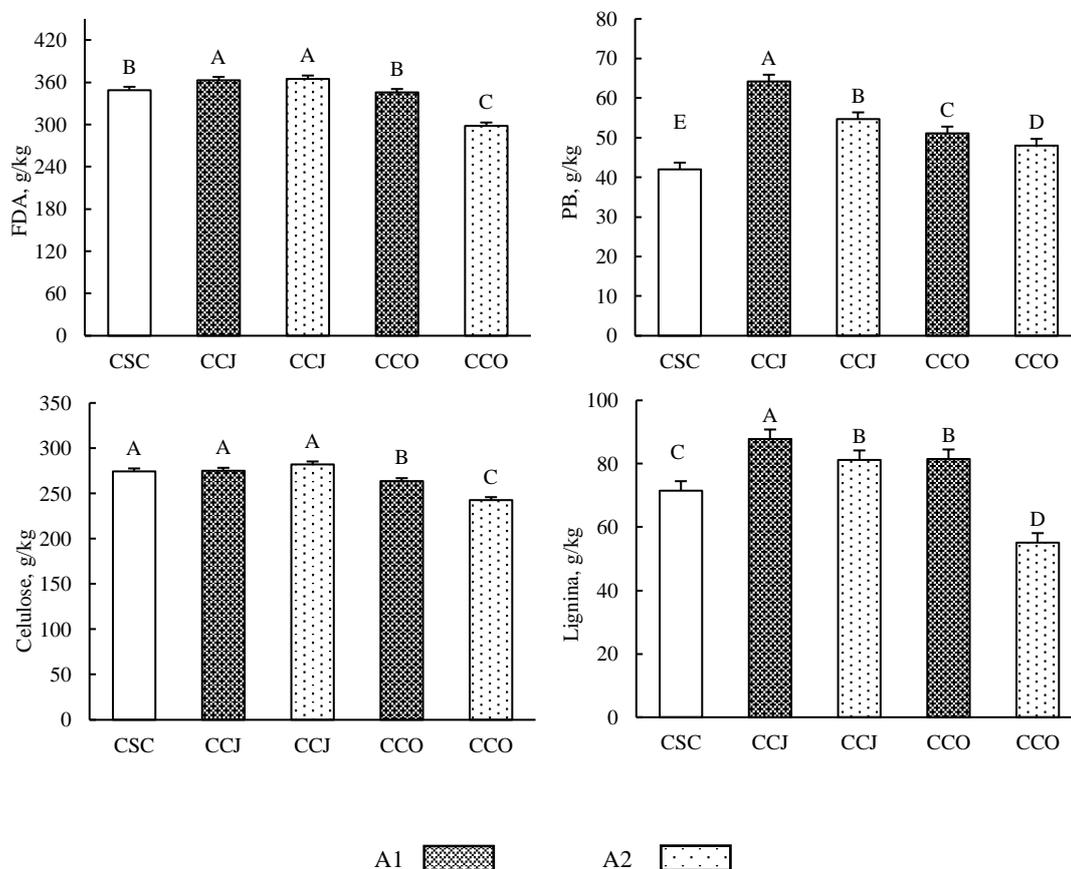


Figura 6. Teores de fibra em detergente ácido (FDA), de proteína bruta (PB), de celulose e de lignina nas silagens dos consórcios, obtidos no segundo ano de avaliação (2019). CSC = Cultivo solteiro de milho; CCJ = milho + *C. juncea*; CCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosas na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e leguminosas em linhas alternadas. Médias com letras diferentes indicam interação significativa entre espécies de crotalárias e arranjos espaciais de acordo com o teste de Scott Knott a 5%, CP ($P = 0,04$ e EPM = 2,3).

Verificou-se que os maiores valores de FDA foram obtidos nas silagens produzidas com CCJ, em ambos os arranjos espaciais (341,1 g/kg MS, primeiro ano e 363,7 g/kg MS, segundo ano), sendo que o CCO, no arranjo A2, foi o que produziu silagens com os menores níveis de FDA (298 g/kg MS). A concentração de PB foi menor apenas para a silagem do CSC, independente do arranjo testado. No entanto, o CCJ, cultivado no arranjo A1, foi o que proporcionou maior teor de PB na silagem. Os teores

de celulose foram diferentes apenas para a silagem do CCO, o qual apresentou os menores valores, quando comparado aos demais tratamentos. Já para os teores de lignina, os maiores valores foram encontrados na silagem do CCJ, cultivado no arranjo A1. Em contrapartida, menores valores de lignina foram observados para a silagem de CCO, no arranjo espacial A2. As silagens provenientes dos consórcios CSC e CCO apresentaram maior DIVMS, não havendo diferença entre as silagens provenientes dos arranjos espaciais, A1 e A2.

DISCUSSÃO

No presente estudo todos os consórcios apresentaram teores de MS abaixo da faixa considerada ideal para produção de silagens (Muck, 2010), sendo que esses valores foram menores nos tratamentos em que houve a participação de leguminosas. Segundo Borreani et al. (2018), concentrações muito abaixo de 350g MS/kg podem comprometer a qualidade das silagens e aumentar as perdas fermentativas, principalmente as perdas por efluente. Apesar disso, as perdas por efluentes apresentadas neste trabalho ficaram abaixo dos 100 kg/t de forragem, o que pode ser considerado dentro da normalidade, segundo (Gebrehanna et al., 2014).

A produção de gás depende do tipo de fermentação que ocorre na massa ensilada, sendo que alguns microrganismos heterofermentativos têm como produtos da fermentação o propionato, o acetato e o CO₂, obtendo energia por meio da utilização de açúcares e ácido lático presentes no meio (Moon, 1983; Borreani et al., 2018). As perdas de gás mensuradas nos dois anos de avaliação variaram de 11,6 a 27,4 g/kg, valores que podem ser considerados satisfatórios e que se aproximam dos obtidos por Francisco (2016), o qual encontrou valores de 18 g/kg para perdas por gases de silagem composta de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) com adição da leguminosa ervilhaca (*Vicia sativa*).

Os valores de pH das silagens não variaram entre os tratamentos nos dois anos de avaliação. Apenas foi observada uma diferença no segundo ano de avaliação para a silagem do CCO, que apresentou valores um pouco maiores, mas todos dentro dos limites recomendados por Kung et al. (2018). O pH é um indicativo da qualidade do processo fermentativo, mas o seu valor em si não determina o quanto e quais ácidos orgânicos foram produzidos durante o processo, uma vez que o valor do pH é dependente da capacidade tampão da silagem (Kung et al., 2018). De maneira geral, as leguminosas

possuem maiores valores de capacidade tampão. Assim, as misturas de milho com leguminosas necessitam de maiores quantidades de ácidos para atingirem o mesmo valor de pH de uma silagem exclusiva de milho (McDonald et al., 1991; Jahanzad et al., 2016).

Ao testarem silagens com diferentes proporções de milho e soja, Baghdadi et al. (2016) observaram valores de pH semelhantes entre a silagem do consórcio milho-soja (na proporção 1:1) e a silagem exclusiva de milho. No entanto, os autores observaram maiores teores de ácido láctico para as silagens que possuíam maiores inclusões de leguminosas. O mesmo comportamento foi observado por Bildirici et al. (2009) e Jahanzad et al. (2016), onde maiores produções de ácido láctico foram observadas para as silagens dos tratamentos com maiores proporções de leguminosas.

As concentrações de ácido acético das silagens obtidas neste trabalho, para a maioria dos tratamentos, ficaram dentro da faixa recomendada por Kung et al. (2018), os quais concluíram que em silagens bem preservadas o ácido acético deve ser o segundo mais presente (com níveis apenas abaixo do ácido láctico) e em concentração nas silagens entre 10 e 30 g/kg da MS. Segundo os mesmos autores, as silagens de leguminosas, geralmente, podem apresentar altos teores deste ácido orgânico, o que pode limitar o consumo dos animais quando os níveis são superiores a 60 g/kg de MS, uma vez que há a produção de outros compostos associados a este ácido. Nenhuma das silagens neste estudo atingiu este valor. Ressalta-se que apenas no consórcio com CCJ ocorreu aumento da produção de ácidos orgânico.

Segundo Kung et al. (2018), silagens de leguminosas são geralmente mais úmidas e apresentam maiores valores de N-NH₃, ácido butírico e pH quando comparadas às silagens de milho. Segundo os autores, a maior concentração de N-NH₃ na silagem é um indicativo de queda na qualidade devido a ação de microrganismos indesejáveis que promovem a proteólise do material. As espécies pertencentes ao gênero *Clostridium spp.* são as principais responsáveis por essa proteólise, tendo como resultado da sua fermentação a produção de N-NH₃, ácido butírico, CO₂ e água (Günter et al., 2003).

Os teores de N-NH₃ observados nesta pesquisa variaram de 100 a 150 g/kg NT. Estes valores estão próximos aos determinados por Kung et al. (2018) para silagens de milho (<100 g/kg NT) e para silagens de leguminosas (<150 g/kg NT), sendo que tratamentos com maiores inclusões de leguminosa (CCJ) foram os que apresentaram maiores níveis de N-NH₃ na silagem. O ácido butírico, que é o outro produto da fermentação das bactérias do gênero *Clostridium*, também foi maior nos tratamentos com

maiores participações de leguminosas. No entanto, os valores não ficaram próximos ao limite de 5 g/kg MS recomendados por Kung et al. (2018). Para tentar reduzir os níveis de ácido butírico nas silagens mistas, devido ao elevado teor de umidade, podem ser utilizados aditivos secos, além de inoculantes microbianos que maximizam a queda do pH, evitando assim, o desenvolvimento de *Clostridium* (Ávila et al., 2009).

De uma maneira geral, os consórcios entre milho e crotalárias produziram silagens com maiores níveis de PB e fibra, sendo que esse comportamento ficou mais evidente quando a *C. juncea* fez parte do consórcio. Esses resultados estão de acordo com os de Jahanzad et al. (2016) e Bildirici et al. (2009), em que as maiores inclusões de leguminosas no consórcio aumentaram significativamente os teores de PB das silagens consorciadas com milho. No entanto, esses autores utilizaram a soja (*Glycine max* cv. Williams) e o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), que são leguminosas de crescimento mais lento e com baixas concentrações de fibra em sua MS.

Segundo Morris and Kays, (2005) o rápido crescimento inicial e a presença de teores elevados de fibra nos caules são as principais características da *C. juncea*, sendo essa a espécie que apresenta o pior valor nutricional entre todas as outras do gênero. Provavelmente, esta característica foi a responsável pelos maiores teores de fibra observados nas silagens produzidas pelo CCJ, principalmente quando esse foi submetido ao arranjo A1.

Os maiores teores de fibra do CCJ no espaçamento A1 refletiram diretamente nos coeficientes de DIVMS, levando à produção de silagens menos digestíveis para ambos os anos de avaliação. Desta forma, o uso da *C. juncea* deve ser analisado com cautela, principalmente quando o objetivo é maximizar a qualidade nutricional da silagem.

Verificou-se que o cultivo na mesma linha, em estudo, interferiu na composição química e na fermentação, uma vez que a competição entre plantas por água, luminosidade e nutrientes, existente deste tipo de arranjo, afeta negativamente a taxa de crescimento das plantas e pode reduzir a deposição dos componentes da parede celular.

Já o CCO apresentou valores mais interessantes entre os teores de PB, frações fibrosas e coeficientes de digestibilidade *in vitro* da MS das silagens produzidas. Tomando como base os dados apresentados, foi possível constatar que o CCO foi eficiente em aumentar os teores de proteína, com ligeiro aumento do teor de algumas frações fibrosas no primeiro ano de avaliação. No entanto, esse aumento das frações fibrosas não interferiu nos coeficientes de DIVMS das silagens deste consórcio.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o consórcio de milho com *C. ochroleuca* na entre linha conseguiu aliar aumento do teor de proteína bruta com a qualidade fermentativa e nutricional das silagens produzidas. O plantio de ambas as leguminosas na mesma linha do milho influenciaram negativamente as características fermentativas e nutricionais das silagens, não sendo indicada a sua utilização.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo financiamento de parte desta pesquisa. À Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO e à Universidade Federal da Grande Dourados, pelo apoio na condução e elaboração deste trabalho. À Riber Sementes, pela doação das sementes de milho utilizadas neste experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adesogan, A.T., Salawu, M.B., Deaville, E.R., 2002. The effect on voluntary feed intake, in vivo digestibility and nitrogen balance in sheep of feeding grass silage or pea-wheat intercrops differing in pea to wheat ratio and maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 96, 161–173. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00336-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00336-4)
- Allen, M.S., Coors, J.G., Roth, G.W., 2003. *Com Silage*. Agron. Monogr. 547–608.
- AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis*, 18th ed. AOAC international, Arlington, VA.
- Ávila, C.L. da S., Pinto, J.C., Figueiredo, H.C.P., de Moraes, A.R., Pereira, O.G., Schwan, R.F., 2009. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 779–787. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000500001>
- Baghdadi, A., Halim, R.A., Radziah, O., Martini, M.Y., Ebrahimi, M., 2016. Fermentation characteristics and nutritive value of corn silage intercropped with soybean under different crop combination ratios. *J. Anim. Plant Sci.* 26, 1710–1717.
- Barbosa, L.A., Rezende, A. V., Rabelo, C.H.S., Rabelo, F.H.S., Nogueira, D.A., 2011. *Barbora Et Al*, 2011. *ARS Vet.* 27, 255–262.

- Bildirici, N., Aldemir, R., Karsli, M.A., Dogan, Y., 2009. Potential Benefits Intercropping Corn with Runner Bean for Small-sized Farming System. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 22, 836–842.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J., Muck, R.E., 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101, 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- dos Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., dos Anjos, L.H.C., de Oliveira, V.Á., Lumbrreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A. de, Filho, J.C. de A., Oliveira, J.B. de, Cunha, T.J.F., 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos, Embrapa Solos.
- Fietz, C.R., Fisch, G.F., 2008. O Clima da Região de Dourados, MS. *Embrapa Agropecuária Oeste* 92, 32.
- Francisco, L.F., 2016. Valor nutricional da silagem de gramíneas hibernais com aditivo e/ou leguminosa. Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Zootecnia.
- Gebrehanna, M.M., Gordon, R.J., Madani, A., VanderZaag, A.C., Wood, J.D., 2014. Silage effluent management: A review. *J. Environ. Manage.* 143, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.04.012>
- Günter, P., Muck, R.E., Driehuis, F., Elferink, S.J.W.H.O., Spoelstra, S.F., 2003. *Microbiology of Ensiling* 31–93. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
- Htet, M.N.S., Soomro, R.N., Bo, H., 2017. Effects of Different Planting Pattern of Maize (<i>Zea mays</i> L.) and Soybean (<i>Glycine max</i> L.) Merrill Intercropping in Resource Consumption on Fodder Yield, and Silage Quality. *Am. J. Plant Sci.* 08, 666–679. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.84046>
- Jahanzad, E., Sadeghpour, A., Hashemi, M., Keshavarz Afshar, R., Hosseini, M.B., Barker, A. V., 2016. Silage fermentation profile, chemical composition and economic evaluation of millet and soya bean grown in monocultures and as intercrops. *Grass Forage Sci.* 71, 584–594. <https://doi.org/10.1111/gfs.12216>
- Kung, L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101, 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Lempp, B., 2013. Anatomia de Plantas forrageiras, in: Reis, R., Bernardes, T.F., Siqueira, G.R. (Eds.), *Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão Dos Recursos Forrageiros*. Funep, Jaboticabal, p. 26–49.
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E., 1991. *The biochemistry of silage*. Lincoln: Chalcombe publications, 340p.
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85, 1217–1240.
- Moon, N.J., 1983. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. *J. Appl. Bacteriol.* 55, 453–460. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1983.tb01685.x>

- Morris, J.B., Kays, S.E., 2005. Total dietary fiber variability in a cross section of *Crotalaria juncea* genetic resources. *Crop Sci.* 45, 1826–1829. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0630>
- Muck, R.E., 2010. Silage microbiology and its control through additives. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 183–191. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001300021>
- Obeid, J. A., Gomide, J. A., Cruz, M. E., Zago, C. P., & Andrade, M. A. S. (1992). Silagem consorciada de milho (*Zea mays*, L.) com leguminosas: produção e composição bromatológica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 21(1), 33-38.
- Oliveira, J.S., Santos, E.M., dos Santos, A.P.M., 2016. Intake and Digestibility of Silages. *Adv. Silage Prod. Util.* <https://doi.org/10.5772/65280>
- Playne, M.J., McDonald, P., 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food Agric.* 17, 264–268. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740170609>
- Pryce, J. D. A modification of the Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. *Analist*, v.94, p. 1151-1152, 1969.
- Riday, H., Albrecht, K.A., 2008. Intercropping tropical vine legumes and maize for silage in temperate climates. *J. Sustain. Agric.* 32, 425–438. <https://doi.org/10.1080/10440040802257280>
- Ridwan, R., Rusmana, I., Widyastuti, Y., Wiryawan, K.G., Prasetya, B., Sakamoto, M., Ohkuma, M., 2015. Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 28, 511–518. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0622>
- Tilley, J.M.A., Terry, R.A., 1963. A Two-Stage Technique for the in Vitro Digestion of Forage Crops. *Grass Forage Sci.* 18, 104–111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Zavala, D., Valencia, E., Randel, P.F., Ramos-Santana, R., 2011. Producción de ensilaje de maíz blanco (*Zea mays* L.) de alto valor proteico con y sin mazorca asociado con dos leguminosas anuales, lablab (*Lablab purpureus* L.) y crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 95, 151–167.
- Zhang, F., Li, L., 2003. Costs of secondary parasitism in the facultative hyperparasitoid *Pachycrepoideus dubius*: Does host size matter? *Entomol. Exp. Appl.* 103, 305–3012. <https://doi.org/10.1023/A>

CAPÍTULO IV

Produtividade de biomassa e valor nutritivo de silagens pré-secadas e fenos provenientes de consórcios entre capim Tamani e leguminosas

RESUMO

Objetivou-se avaliar a produtividade de biomassa e o valor nutritivo das silagens pré-secadas e dos fenos provenientes dos consórcios entre o capim Tamani e diferentes espécies de leguminosas. O delineamento em blocos casualizados foi adotado para as características produtivas dos diferentes consórcios e, adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco tipos de consórcio e dois tipos de método de conservação) para as características de conservação de forragem. Os consórcios testados foram: capim Tamani solteiro (TA), capim TA + *Crotalaria ochroleuca* (TA+Co), capim TA + Soja (TA+So) e capim TA + feijão-caupi (TA+FC) e capim TA+ feijão-guandu (TA+FG). As plantas foram semeadas em linhas alternadas respeitando o espaçamento de 45 cm entre as linhas de plantas. Os parâmetros avaliados foram: produção total de biomassa e produção específica de capim e leguminosa, altura do capim e leguminosa, composição química e os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens e fenos provenientes dos diferentes consórcios. Não foram observadas diferenças na produção total de biomassa entre os consórcios testados e o monocultivo do capim TA. Na comparação entre os diferentes consórcios, os tratamentos TA+FC e TA+So apresentaram a maior participação de leguminosas na mistura, resultando em silagens e fenos com maiores teores de proteína bruta e coeficientes de DIVMS. Não foram observadas diferenças entre na composição química das silagens pré-secadas e dos fenos produzidos, sendo identificado melhores coeficientes de DIVMS para as silagens pré-secadas em comparação aos fenos. Conclui-se que o uso de leguminosa, especialmente feijão Caupi e a soja, em consórcio com o capim Tamani melhora o valor nutritivo das forragens conservadas sem causar prejuízo na produtividade de biomassa.

Palavras-chave: *Cajanus cajan*, *Crotalaria ochroleuca*, *Glycine max*, *Panicum maximum*, *Vigna unguiculata*.

Tamani grass-legume intercropping can improve productivity and nutritional value of fodder destined to haylage or hay

ABSTRACT

The aimed of this research is to evaluate biomass productivity and nutritional value of the haylage and hay from intercropping between Tamani grass and different legume species. For the productive characteristics of the different intercrops, we used a randomized block design, for evaluation of the combination of intercropping and conservation method we used a randomized block design with 5 x 2 factorial scheme (five intercrops and two types of conservation method). The treatments were Tamani grass as monoculture (TA), and the intercrops TA + *Crotalaria ochroleuca* (TA+Co), TA + Soybean (TA+So), TA + cowpea (TA+Cp), and TA + pigeon pea (TA+Pp). The conservation methods were haylage (52% of DM) and hay (87% of DM). Plants were sown in alternating rows, with 45 cm of spacing between the rows. The parameters evaluated were grass and legume biomass production, canopy height, and haylage and hay chemical composition, and in vitro dry matter digestibility coefficients (ivDMD). There were no differences in the total biomass production between the intercrops and TA grass monoculture. The treatments TA+Cp and TA+So had the highest legume participation in the mixture, resulting in haylages and hays with higher crude protein content and ivDMD coefficients. There were no differences between haylage and hay on chemical compositions, and ivDMD coefficients were higher in the haylages compared to the hays. We concluded that legumes, especially Cowpea beans and soybean intercropped with Tamani grass, improve the nutritional value of conserved fodder without causing damage to biomass productivity.

Key words: *Cajanus cajan*, *Crotalaria ochroleuca*, *Glycine max*, *Panicum maximum*, *Vigna unguiculata*.

INTRODUÇÃO

O uso de leguminosas forrageiras pode minimizar a utilização de concentrado na dieta de ruminantes, por fornecer maior aporte de proteína (Ligoski et al., 2020). No entanto, quando as leguminosas são empregadas como forragem única, sua proteína costuma ser utilizada de forma ineficiente (Van Soest, 1994) devido ao falta de carboidratos prontamente fermentáveis nestas plantas. Além disso, as leguminosas são frequentemente difíceis de ensilar por causa de seu baixo teor de açúcar e alta capacidade de tamponamento (Borreani et al., 2018). Quando as leguminosas são utilizadas para a produção de feno podem apresentar perdas significativas de folhas durante a desidratação e conseqüente redução da qualidade nutricional (Harris et al., 2017).

Buscando minimizar as perdas durante o armazenamento, aumentar a produtividade forrageira e qualidade da alimentação de ruminantes, estudos apontam benefícios do consórcio entre gramíneas (cereais ou capins) e leguminosas. Segundo Adesogan et al., (2004), culturas consorciadas de cereais e leguminosas melhoram a eficiência da utilização de N, combinando a capacidade absorção de N do cereal com a capacidade biológica de fixação de N da leguminosa, podendo resultar em maiores produtividades. No entanto, a competição entre espécies pode levar ao desequilíbrio na proporção de gramíneas e leguminosas na área, ou até mesmo em queda da produtividade de biomassa caso não seja feita a escolha certa das espécies consorciadas, dos arranjos espaciais e da época de semeadura (Leonel et al., 2009; Neres et al., 2011). Já na alimentação animal, Adesogan et al., (2004) obtiveram reduções significativas na necessidade diária de concentrado na dieta de vacas leiteiras (- 4 kg/animal/dia) com a inclusão de silagens mistas (oriundas de consórcios entre gramíneas e leguminosas).

Diante disso, objetivo do experimento foi avaliar a produtividade de biomassa e o valor nutritivo das silagens pré-secadas e dos fenos provenientes dos consórcios entre o capim Tamani e diferentes espécies de leguminosas (crotalária, soja, feijão-caupi e feijão-guandu). Este trabalho se baseou na hipótese de que a inclusão de leguminosas forrageiras em consórcio com o capim Tamani favorece a produção de biomassa, além de melhorar a qualidade nutricional das silagens pré-secadas e dos fenos resultantes destes consórcios.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e condições experimentais

O experimento de campo foi desenvolvido na Embrapa Agropecuária Oeste e as análises da composição químicas das silagens pré-secadas e dos fenos foram feitas no Laboratório de

Aproveitamento de Resíduos Agropecuários, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Ambos os centros de pesquisa estão localizados no município de Dourados, MS (22 ° 11'55" S, 54°56'7 " W e 452 m de altitude). O clima do local é o Cwa (mesotérmico úmido, com verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen (Fietz and Fisch, 2008). Na tabela 1 estão apresentados os dados de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e radiação solar observados durante o desenvolvimento das forragens.

Tabela 9. Médias da temperatura do ar média (T med), máxima (T max) e mínima (T min), umidade relativa do ar (UR), precipitação (Prec) e radiação (Rad), observados durante o período experimental.

Mês/ano	T med (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Rad (W/m ²)
Novembro/2019	27,05	34,00	21,52	63,53	108,60	13,08
Dezembro/2019	25,24	31,41	20,57	76,00	216,80	13,28
Janeiro/2020	26,25	32,08	22,15	77,45	172,40	13,29
Fevereiro/2020	26,15	32,34	21,55	74,55	147,20	13,20

Fonte: https://clima.cpao.embrapa.br/?lc=site/banco-dados/base_dados

O solo da área do experimento é classificado como latossolo vermelho escuro distroférico, textura muito argilosa (dos Santos et al., 2018), o qual apresentou a seguinte análise físico-química: Areia: 82,45 g/Kg; Silte: 191,33 g/Kg; Argila: 720,94 g/Kg; pH: 5,12; pH CaCl₂: 4,34; Al³⁺: 0,68 cmolc/dm³; Ca²⁺: 2,61 cmolc/dm³; Mg²⁺: 0,74 cmolc/dm³; H⁺ + Al³⁺ = 6,31 cmolc/dm³; K⁺ = 0,72 cmolc/dm³; P (Mehlich) = 10,11 mg/dm³; SB = 4,07 cmolc/dm³; CTC = 10,38 cmolc/dm³; V = 39,21%; C total = 2,52% e MO = 26,53g/Kg. Com base na análise química do solo, foi realizada a aplicação de 2.300 kg/ha de calcário dolomítico (PRNT 80%) para elevar a saturação de base do solo para 50%. A adubação de semeadura foi realizada com a aplicação de 150 kg/ha da fórmula 04-18-18 (N-P-K).

Características produtivas

O delineamento em blocos casualizados foi adotado para as características produtivas dos diferentes consórcios. Os consórcios testados foram: capim Tamani solteiro (TA), capim Tamani + *Crotalaria ochroleuca* (TA+Co), capim Tamani + Feijão-caupi (TA+FC) e capim Tamani + Soja (TA+So) e capim Tamani + Feijão-guandu (TA+FG). Foram realizadas cinco repetições por tratamento, ou seja, um total de 25 parcelas experimentais.

A semeadura das cultivares foi feita no dia 19 de novembro de 2019, utilizando uma plantadeira SHM 1517, com espaçamento de 45 cm entre as linhas de plantas. O plantio seguiu a relação 1:1, ou seja, uma linha do capim alternada com uma linha de leguminosa. As parcelas

experimentais foram constituídas por 14 linhas de 10 m de comprimento, sendo excluído 1 m de cada um dos lados da parcela para a definição da área útil de amostragem.



Figura 7. Croqui da área experimental, na qual foi implantado o capim Tamani e as diferentes leguminosas.

No dia do corte (22 de janeiro de 2020) foi coletada a forragem contida em 1,5 m lineares de cada uma das linhas centrais (capim e leguminosas) em cinco pontos aleatórios, dentro de cada parcela. O material coletado foi pesado (massa verde) e enviado ao laboratório para posterior separação da fração gramínea e leguminosa, secagem em estufa de circulação forçada a 55°C, por 72 horas, para obtenção do percentual de MS. Com os valores de MS e suas respectivas produtividades de massa verde por área foi possível calcular as produções totais de biomassa e as produções específicas de capim e leguminosa.

Métodos de conservação

E para avaliar o efeito do método de conservação foi adotado delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco tipos de consórcio e dois tipos de método de conservação). Os métodos de conservação foram silagens pré-seca e feno.

O restante do material contido nas parcelas foi cortado (5 cm do solo) para a produção das silagens pré-secadas e dos fenos dos tratamentos. O corte das plantas foi realizado pela manhã (9:00h) em um dia ensolarado com temperatura média do ar de 30°C e umidade relativa média de 65%. A forragem de cada uma das parcelas experimentais foi transportada até uma casa de vegetação para facilitar os revolvimentos manuais e garantir taxas de desidratação mais homogêneas, além de evitar que a ocorrência de chuvas prejudicasse o processo de desidratação da forragem.

Após 4 horas de desidratação as forragens dos consórcios atingiram valores entre 40 a 50% MS (Müller, 2005). Então, o material de cada parcela foi dividido em duas partes, uma parte do material foi encaminhado para a produção das silagens pré-secadas e a segunda parte

permaneceu no local para desidratação e produção dos fenos, até atingir valores médios de 85% de MS.

Silagens pré-secadas

O material utilizado para a produção das silagens pré-secadas foi triturado (tamanho de partícula 2cm) para facilitar o processo de enchimento e compactação dos silos. Após isso, as forragens trituradas foram separadas de acordo com os tratamentos, e homogeneizadas mais uma vez antes de serem colocadas nos silos. Durante o enchimento dos silos experimentais foram coletadas duas amostras da forragem triturada de cada tratamento: a primeira amostra, de aproximadamente 300 g, foi utilizada para determinar a composição química e os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), e a segunda, de aproximadamente 70 g, foi congelada para posterior processamento e determinação dos valores de pH.

A massa de forragem foi armazenada em silos construídos de tubos de PVC medindo 10 cm de diâmetro por 50 cm de altura, com volume útil de 3,8 L. O material foi compactado manualmente com auxílio de bastões de madeira para obtenção de densidade média de 520 kg/m³. Após o enchimento, os silos foram lacrados com lona plástica dupla-face (preta e branca) e fita adesiva e armazenados em laboratório à temperatura ambiente, por 90 dias.

Para o cálculo das perdas fermentativas, todos os componentes dos silos experimentais, bem como massa de forragem ensilada, foram pesados antes e depois da ensilagem. As perdas por gases (% da MS ensilada) e recuperação de MS (% da MS ensilada) foram calculadas de acordo com as equações de (Li et al., 2017).

Após a abertura, todo o material contido em cada silo foi retirado e homogeneizado para a coleta de amostras. A primeira amostra, de aproximadamente 300 g, foi seca em estufa com circulação forçada a 55 °C por 72 h para o cálculo da MS. Depois, foi moída em moinho Willey com peneira de malha de 1,0 mm para determinação da composição química das silagens. Os teores de matéria seca, matéria mineral (método 942.05) e proteína bruta (método 976.06) foram determinados de acordo com (AOAC, 2005). Os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose e lignina foram analisados conforme os protocolos sugeridos por Mertens, (2002). O coeficiente de DIVMS foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Tilley and Terry, (1963)

A segunda amostra de silagem, de aproximadamente 70 g de cada tratamento, foi coletada e congelada para posterior determinação do pH e do perfil de ácidos orgânicos das silagens. As amostras congeladas (tanto da forragem pré-seca, quanto das silagens) foram descongeladas

para a produção de um extrato aquoso, com diluição de 25 g de forragem em 225 mL de água destilada e homogêneos em liquidificador industrial por aproximadamente 5 minutos. O pH do extrato foi determinado usando um potenciômetro digital (mPA210 MS Tecnocon). Uma porção deste extrato foi filtrada através de filtro de papel, centrifugada por 15 min a 10.000 rpm e o sobrenadante foi congelado a -20°C para posterior análise de ácidos orgânicos. Os ácidos orgânicos foram determinados por cromatografia gasosa com detector de massa (GCMS QP 2010 Plus, Shimadzu, Kyoto, Japão) usando uma coluna capilar (Stabilwax, Restek, Bellefonte, EUA, 60 m, 0,25 mm Ø, 0,25 µm de polietileno cross bond carbowax glicol). A concentração de ácido láctico foi determinada pelo método colorimétrico proposto por Pryce, (1969).

Fenos

O material permaneceu na casa de vegetação até atingir valores entre 85 a 90 % de MS, o que levou aproximadamente 36 horas. Após isso o material foi recolhido, enfardado, identificados e armazenados em um galpão coberto e arejado. Foram produzidos cinco fardos (um para cada parcela) com aproximadamente 10 kg por tratamento. Após 90 dias de armazenamento foram coletadas amostras (aproximadamente 100g) de cada fardo, para a determinar: os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina e coeficiente de DIVMS, seguindo as metodologias descritas anteriormente.

Estatística

Para avaliar as características produtivas dos consórcios os dados foram analisados por meio do programa estatístico RStudio (R, 2019), através do procedimento PROC MIXED. As médias dos consórcios foram comparadas pelo teste de Scott Knott, com nível de significância de 5%, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ki} = \mu + \beta_k + S_i + \epsilon_{ik},$$

onde: Y_{ki} = variável dependente, μ = média geral, β_k = efeito de bloco (efeito aleatório; $k = 1, 2, 3, 4$ e 5), S_i = efeito dos consórcios (efeito fixo; $i = \text{TA, TA+Co, TA+So, TA+FC e TA+FG}$) e ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Para avaliar os efeitos dos diferentes consórcios e métodos de conservação de forragem (ensilagem e fenação) os dados foram analisados por meio do programa estatístico RStudio (R, 2019), através do procedimento PROC MIXED. As médias dos consórcios foram comparadas pelo teste de Scott Knott, com nível de significância de 5%. As médias dois métodos de

conservação de forragem foram comparadas pelo teste F com nível de significância de 1%. Os dados foram analisados de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + S_j + S * S_{Aij} + \epsilon_{ijk}$$

onde: Y_{ijk} = variável dependente, μ = média geral, S_i = efeito de diferentes consórcios (efeito fixo; i = TA, TA+Co, TA+So, TA+FC e TA+FG), M_j = efeito do método de conservação de forragem (efeito fixo; j = silagem e fenação), $S * M_j$ = efeito da interação entre os consórcios e métodos de conservação, e ϵ_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

RESULTADOS

A maior produção de capim Tamani foi observada no cultivo solteiro, seguida do TA+FG e TA+Co que não apresentaram diferenças entre si (Tabela 10). Os tratamentos TA+FC e TA+So foram os que apresentaram as menores produções do capim TA, sendo observado o menor valor para o TA+FC. Já as produções de leguminosas seguiram o comportamento contrário, com a maior produtividade observada para o consórcio TA+FC, seguido do consórcio TA+So e por último dos consórcios TA+Co e TA+FG, que não diferiram estatisticamente entre si. As diferentes produções de biomassa, entre o capim TA e leguminosas, alteraram as relações TA/Leg. A menor relação TA/Leg (0,58) foi observada no consórcio TA+FC com a participação de 63% da leguminosa na composição final da biomassa produzida.

Apesar das variações nas produções individuais de biomassa, entre o capim TA e as leguminosas, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) na produção total de biomassa dos consórcios avaliados. Os valores das alturas do capim TA e da leguminosa foram superiores ($P < 0,01$) para o consórcio TA+FG.

Tabela 10. Produtividade total e específica dos consórcios, relação capim: leguminosa e alturas das plantas em cada um dos tratamentos estudados.

Parâmetros	TA	TA+Co	TA+FC	TA+So	TA+FG	EPM	P
Produção TA, kg/ha	5.721 ^a	3.029 ^b	2.102 ^d	2.759 ^c	3.359 ^b	264,5	<0,01
Produção Leg, kg/ha	-	1.957 ^c	3.610 ^a	2.737 ^b	2.072 ^c	251,1	<0,01
Relação TA/Leg	-	1,55 ^a	0,58 ^c	1,01 ^b	1,62 ^a	0,18	<0,01
Produção total, kg/ha	5.721	4.987	5.713	5.497	5.431	119,5	0,08
Altura Capim, m	0,99 ^b	1,06 ^a	0,95 ^b	0,97 ^b	1,10 ^a	0,01	<0,01
Altura Leguminosa, m	-	1,46 ^a	0,81 ^b	0,88 ^b	1,35 ^a	0,11	<0,01

Leg = leguminosa; TA= capim Tamani; TA+Co= capim Tamani+*Crotalaria ochroleuca*; TA+FC = capim Tamani+feijão-caupi; Ta+So = capim Tamani+Soja; TA+FG = Tamani+feijão-guandu. Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. EPM = Erro padrão da média; P = valor de P.

Não foram observadas diferenças na recuperação de MS, apenas nas perdas de gases e pH inicial entre os tratamentos (Tabela 11). Quanto ao pH final, foram observados maiores valores para as silagens provenientes dos consórcios TA+So e TA+FG (5,13 e 5,10, respectivamente).

As maiores concentrações de ácido láctico e os maiores valores de relação ácido láctico:ácido acético ocorreram nos consórcios de TA+FC e TA+So. Para as concentrações de ácido acético os menores valores foram observados para o TA e TA+Co. O consórcio TA+FG presnetou as maiores concentrações de ácido propiônico. Já para o ácido butírico, foi encontrada maior concentração para o TA. As concentrações de ácido iso-valérico, valérico e de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) não diferiram entres os consórcios.

Tabela 11. Parâmetros fermentativos e composição química das silagens pré-secadas de capim Tamani consorciado com diferentes leguminosas.

Parâmetros	TA	TA+Co	TA+FC	TA+So	TA+FG	EPM	P
MS, % MN	49,93 ^b	52,81 ^a	45,51 ^b	55,80 ^a	57,37 ^a	1,178	<0,01
Rec, % MS	98,22	97,55	98,47	96,02	96,89	0,401	0,12
PG, % MS Inicial	2,02	1,75	1,45	1,54	2,02	0,115	0,45
pH inicial	7,63	7,58	6,63	7,65	7,06	0,189	0,85
pH final	4,53 ^b	4,80 ^b	4,54 ^b	5,13 ^a	5,10 ^a	0,074	<0,01
Ácido Láctico, % MS	2,24 ^b	1,89 ^b	4,24 ^a	3,91 ^a	1,92 ^b	0,239	<0,01
Ácido Acético, % MS	2,89 ^b	3,29 ^b	5,22 ^a	4,24 ^a	4,02 ^a	0,253	<0,01
Relação láctico:acético	0,77 ^b	0,57 ^c	0,81 ^b	0,92 ^a	0,44 ^d	0,041	<0,01
Ácido Propiônico, % MS	0,27 ^b	0,29 ^b	0,42 ^b	0,37 ^b	0,59 ^a	0,033	<0,01
Ácido Butírico, % MS	0,132 ^a	0,086 ^b	0,084 ^b	0,083 ^b	0,094 ^b	0,005	<0,01
Ácido Isovalérico, % MS	0,46	0,41	1,22	0,98	0,47	0,121	0,24
Ácido Valérico, % MS	0,89	1,00	1,45	1,22	1,16	0,085	0,09
N-NH ₃ , % NT	10,36	7,16	10,61	11,43	13,71	0,723	0,21

TA= capim Tamani; TA+Co= capim Tamani+*Crotalaria ochroleuca*; TA+FC= capim Tamani+feijão-caupi; TA+So= capim Tamani+Soja; TA+FG= Tamani+feijão-guandu; MS= matéria seca; Rec.= recuperação de matéria seca; PG= perda de gases; pH= potencial hidrogeniônico; N-NH₃= nitrogênio amoniacal; NT= nitrogênio total; EPM = erro padrão da média; P = valor de P para os diferentes consórcios. Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre o tipo de consórcio e o método de conservação sobre a composição química e os coeficientes de DIVMS (Tabela 12). Tanto para a silagem como para a fenação foram verificados maiores teores de PB nas forragens consorciadas em relação ao monocultivo de TA. Os maiores teores de PB dentre os consórcios (gramínea + leguminosa) foram observados nos consórcios TA+So e TA+FC. Comportamento inverso foi observado para os teores das frações fibrosas, onde o monocultivo do TA foi o que apresentou os maiores teores.

Tabela 12. Composição química e digestibilidade *in vitro* das silagens pré-secadas e fenos confeccionados a partir do consórcio do capim Tamani e diferentes leguminosas.

Parâmetros	Consórcios					Método		EPM	P-value		
	TA	TA+Co	TA+FC	TA+So	TA+FG	Silagem	Feno		C	M	C*M
MM, % MS	9,98	9,00	8,33	8,77	8,70	8,68	9,23	0,144	0,48	ns	ns
PB, % MS	5,74 ^c	8,52 ^b	10,79 ^a	10,92 ^a	8,14 ^b	8,84	8,41	0,361	<0,01	ns	ns
FDN, % MS	70,08 ^a	67,10 ^b	60,89 ^c	61,56 ^c	65,88 ^b	66,02	64,18	0,878	<0,01	ns	ns
FDA, % MS	31,05 ^a	29,78 ^b	28,49 ^c	28,89 ^c	29,77 ^b	29,52	29,67	0,554	<0,01	ns	ns
CEL, % MS	23,92 ^a	24,60 ^a	21,42 ^c	21,87 ^c	22,42 ^b	23,84	21,85	0,311	<0,01	ns	ns
HEM, % MS	39,48 ^a	35,41 ^b	30,60 ^c	29,82 ^c	36,11 ^b	34,06	34,51	0,797	<0,01	ns	ns
LIG, % MS	7,76 ^a	6,96 ^b	5,42 ^c	4,72 ^c	6,78 ^b	5,68	7,54	0,283	<0,01	ns	ns
DIVMS, % MS	62,87 ^c	64,15 ^b	71,94 ^a	70,30 ^a	61,85 ^c	66,96	65,29	0,121	<0,01	0,03	ns

TA= capim Tamani; TA+Co= capim Tamani+*Crotalaria ochroleuca*; TA+FC= capim Tamani+feijão-caupi; TA+So= capim Tamani+Soja; TA+FG= Tamani+feijão-guandu; MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; EPM = erro padrão da média; C = valor de P para os diferentes consórcios; M = valor de P para os diferentes métodos de conservação. Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Entre os consórcios gramínea + leguminosa os tratamentos TA+Co e TA+FG foram responsáveis pelas maiores concentrações de frações fibrosas, ao passo que as forragens conservadas provenientes dos consórcios TA+So e TA+FC foram as que apresentaram os menores valores. Os coeficientes de DIVMS foram influenciados tanto pelos diferentes tipos de consórcio, quanto pelos métodos de conservação de forragem adotados. Os maiores coeficientes de DIVMS foram observados nas forragens provenientes dos consórcios TA+So e TA+FC. Esses tratamentos apresentaram valores 14,81% superiores aos obtidos pelas forragens provenientes do consórcio TA+FG e do monocultivo TA. Na comparação entre os métodos de conservação de forragem a silagem apresentou superioridade no valor dos coeficientes de DIVMS, sendo observado um aumento de 2,55% em relação aos coeficientes de DIVMS do feno.

DISCUSSÃO

A eficiência produtiva de um consórcio é afetada por uma série de fatores ambientais e agronômicos, os quais podem interferir significativamente na competição entre as plantas da área (Ligoski et al., 2020). No caso deste experimento, o fato de não terem sido observadas diferenças nas produções de biomassa de forragem, demonstra que as plantas presentes nos consórcios exerceram uma competição entre si. Para que haja incrementos nas produções de biomassa de forragem nas áreas de consórcio, é necessário que a cultura principal apresente porte elevado e maiores velocidades de crescimento do que a cultura secundária, assim a cultura principal dominará a área sem muito prejuízo a sua produtividade (Eskandari and Ghanbari, 2009). Além disso, é recomendável que as culturas secundárias sejam semeadas nas entre linhas da cultura principal, minimizando a competição por espaço e permitindo um crescimento satisfatório (Akhtar et al., 2013).

As espécies mais recomendadas para a produção de feno e silagens pré-secadas são as gramíneas de porte baixo, as quais, muitas vezes, apresentam velocidades de crescimento muito próximas das leguminosas forrageiras (Saia et al., 2016). Neres et al., (2011) ao avaliarem o consórcio de Tifton 85 com aveia e/ou azevém, observaram reduções nas produções de biomassa dos consórcios em comparação com o monocultivo do capim. Segundo os autores, as baixas produções ocorreram devido a época do ano em que o experimento foi conduzido (inverno-primavera) e a baixa tolerância do Tifton 85 ao sombreamento. Esses resultados demonstram a importância de se escolher corretamente

as espécies que irão compor o consórcio e a época de semeadura, objetivando sempre um equilíbrio entre produção de biomassa e valor nutritivo da forragem produzida.

A relação TA/Leg observada nessa pesquisa indicou que, no geral, a gramínea foi a cultura dominante na maioria dos consórcios testados. No entanto, o feijão Caupi foi a espécie que apresentou a maior participação no consórcio TA+FC, demonstrando ser a leguminosa mais competitiva entre todas as avaliadas. Vale ressaltar que a soja também apresentou uma importante participação no consórcio TA+So, compondo 49,9 % de toda a biomassa produzida, o que também pode ser considerado um bom desempenho. Segundo Vasconcelos et al., (2020) o capim TA possui porte baixo e lâminas foliares estreitas, o que o tornar pouco competitivo em sistemas consorciados com leguminosas. Machado et al., (2017) não observou redução na produtividade da soja grão quando o capim TA foi semeado na entrelinha da soja com uma defasagem de semeadura de 21 dias em relação à emergência da soja. Assim, o capim TA em associação com o feijão Caupi ou a soja podem ser consideradas boas opções de consórcios, principalmente quando se pretende incrementar a participação das leguminosas na biomassa produzida.

Os valores médio de recuperação de matéria seca das silagens pré-secadas foram superiores a 97 % da MS ensilada, valor condizente com os encontrados na literatura (Cunha et al., 2020). Segundo Borreani et al., (2018) a pré-secagem reduz a atividade da água da forrageira, inibindo a ocorrência de fermentações secundária, as quais são responsáveis pelas maiores perdas de MS, as quais são muito comuns em silagem de leguminosas e capins tropicais. A pré-secagem também evita a produção de efluentes, muito frequentes em silagens de capins tropicais, e que são responsáveis por boa parte das perdas dos nutrientes solúveis (Orrico Junior et al., 2020). Os valores referentes as perdas de gases ficaram abaixo 2,02%, o que condiz com os altos valores de recuperação de MS observados.

Segundo Günter et al. (2003) valores de pH iguais ou menores que 4,0 são necessários para garantir a estabilidade do processo e a qualidade da forragem ensilada. No entanto, silagens pré-secadas apresentam menores produções de ácidos orgânicos, decorrente do baixo desenvolvimento de microrganismos, resultando em valores de pH mais elevados (Müller et al., 2014). Em uma revisão sobre os principais parâmetros químicos das silagens, Kung et al., (2018) concluíram que, para silagens com teores de MS entre 45-55% MS, são esperados valores médios de pH entre 4,7 e 5,0. Esses valores ficaram próximos aos obtidos no presente experimento, com valores de pH que oscilaram

entre 4,53 a 5,13. Apesar do pH ser um indicativo da qualidade do processo fermentativo, o seu valor em si, não determina a quantidade de ácidos orgânicos que foram produzidos durante a ensilagem, uma vez que essa variável depende da capacidade tampão do material (Kung et al., 2018). De maneira geral, as leguminosas possuem maiores valores de capacidade tampão, assim, quanto maior participação da leguminosa na mistura ensilada, maior a quantidade de ácidos orgânicos necessária para promover a redução do pH (Jahanzad et al., 2016). Isso explica o porquê que as silagens TA apresentaram valores de pH semelhantes ao consórcio TA+FC, mas com menores produções de ácidos lático e acético. Resultados semelhantes foram obtidos por Bildirici et al., (2009), onde as maiores produções de ácidos orgânicos foram observadas para as silagens com maiores proporções de leguminosas na mistura ensilada.

Os baixos níveis de ácido lático e as baixas relações ácido lático: acético observados nesta pesquisa indicam que ocorreu a predominância da fermentação acética. Esse resultado, pode estar ligado a uma maior atividade de enterobactérias e bacilos na fermentação, uma vez que, a ação destes microrganismos apenas é inibida quando o valor do pH fica abaixo 4,5 Muck, (2010), valor esse que não ocorreu em nenhum dos tratamentos testados. Os resultados de N-NH₃ observados estão de concordância com o trabalho de Foster et al. (2011) os quais avaliaram a qualidade nutricional e fermentativa de silagens pré-secas de Tifton 9 com diferentes leguminosas. No geral, as silagens avaliadas neste experimento apresentaram concentrações de N-NH₃ próximas ao limite de 10%, o que segundo Kung et al., (2018) é um indicativo de baixa proteólise.

Um dos objetivos do consórcio de gramíneas com leguminosas é aumentar os teores de PB da forragem (Neres et al., 2011; Saia et al., 2016; Ligoski et al., 2020). Tanto para a silagem pré-secada quanto para o feno, foram observadas melhoras significativas nos teores de PB (Tabela 3). Os maiores valores de PB foram observados nos consórcios TA+So e TA+FC, resultante da maior participação das leguminosa na biomassa destes tratamentos. Assim, o uso destas forragem mistas permite uma maior participação dos volumosos na composição da dieta dos animais, além de reduzir a necessidade de concentrados proteicos, afim de complementar a exigência dos animais (Adesogan et al., 2004).

Os consórcios também resultaram em silagens e fenos com menores teores das frações fibrosas e maiores coeficientes de DIVMS, quando comparado ao tratamento controle (TA). Segundo Van Soest, (1994) os capins tropicais (C4) possuem anatomia do

tipo “Kranz”, a qual é composta por espessas estruturas de parede celular, que contribuem para o aumento da concentração de fibra e redução da degradação microbiana ruminal, quando comparado com as características anatômicas das leguminosas (C3). Neres et al., (2012) também observaram menores teores fibra e maiores coeficientes DIVMS em fenos mistos, quando comparado ao feno exclusivo de gramínea.

No entanto, ao comparar a composição química, apenas entre as leguminosas, percebe-se que os tratamentos TA+Co e TA+FG foram os que apresentaram resultados menos satisfatórios, principalmente no que se refere aos níveis de proteína bruta e as frações da fibra. Esse resultado pode estar associado ao efeito da competição existente entre as espécies dos consórcios, as quais são, muitas vezes, obrigadas a alterar suas características morfológicas e estruturais para competirem por luz, espaço e nutrientes. As maiores alturas das plantas (tanto do capim como da leguminosa) foram observadas exatamente nos consórcios TA+Co e TA+FG, demonstrando que essas espécies precisaram elevar suas taxas de alongamento de caule para competirem por espaço e radiação solar. Assim, a maior proporção de caules presentes nestes consórcios pode ser a responsável pelo menor valor nutricional apresentado por essas forragens, principalmente em se tratando dos caules lenhosos (lignificados) das leguminosas (Van Soest, 1994).

Na maioria dos trabalhos de pesquisa presentes na literatura, o valor nutritivo das silagens é geralmente superior ao dos fenos, mesmo quando produzidos sob condições semelhantes de corte (espécie, idade, época do ano e ambiente). Existem diversos motivos que explicam essa superioridade: 1) as maiores perdas de folhas que ocorrem durante os revolvimentos dos fenos reduzem o nível de PB e aumentam a fibra dos fenos, especialmente nos fenos de leguminosa (Harris et al., 2017); 2) períodos prolongados de desidratação à campo permitem um maior consumo intrínseco dos carboidratos solúveis (respiração das células vegetais e as atividades microbianas aeróbicas) levando a incremento das frações fibrosas dos fenos (Müller et al., 2007; Neres et al., 2011); 3) armazenamentos prolongados podem levar ao umedecimento do feno (variações da umidade relativa do ar) e o crescimento de fungos os quais levam a perdas significativas da qualidade da forragem (Müller, 2018); 4) a ação dos microrganismos fermentativos presentes no processo de ensilagem, melhoram a taxa de passagem e a degradação ruminal das silagens, quando comparadas ao feno, principalmente no que diz respeito ao aproveitamento das frações fibrosas (Arroquy et al., 2014).

No entanto, nesta pesquisa, apenas foi observado um maior coeficiente de DIVMS para as silagens, não havendo diferenças significativas para os demais parâmetros avaliados. Provavelmente, o fato de todo o processo de fenação (colheita, revolvimento e enfiamento) terem sido feitos manualmente e em ambiente protegido (casa de vegetação), proporcionado menores perdas, quando comparado aos fenos mecanicamente processados e submetidos às inconstantes condições climáticas do campo (Carter, 1960). Mesmo assim, a melhora nos coeficientes DIVMS colabora com as evidências da melhoria da degradabilidade ruminal das forragens submetidas às ensilagens, levantadas por (Arroquy et al., 2014).

CONCLUSÃO

O uso de leguminosas, em consórcio com o capim Tamani, manteve a produção de biomassa e resultou em silagens pré-secadas e fenos com valores nutritivos superiores. Os consórcios TA+So e TA+FC são indicados para os produtores que buscam incrementar a participação de leguminosas na mistura. O processo de silagem pré-secada é o mais indicado para a conservação desses consórcios.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo financiamento de parte desta pesquisa. À Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO e à Universidade Federal da Grande Dourados, pelo apoio na condução e elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adesogan, A.T., Salawu, M.B., Williams, S.P., Fisher, W.J., Dewhurst, R.J., 2004. Reducing concentrate supplementation in dairy cow diets while maintaining milk production with pea-wheat intercrops. *J. Dairy Sci.* 87, 3398–3406. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73475-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73475-X)
- Akhtar, M.F., Ahmad, A.-H., Zamir, M.S.I., Khalid, F., Mohsin, A.U., Afzal, M., 2013. Agro-qualitative studies on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L .) sown alone and in mixture with forage legumes. *Pak. J. Sci.* 65, 179–185.

- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC international, Arlington, VA.
- Arroquy, J.I., Cornacchione, M. V, Colombatto, D., Kunst Junior, C., 2014. Chemical composition and in vitro ruminal degradation of hay and silage from tropical grasses. *Can. J. Anim. Sci. Sci.* 94, 705–715. <https://doi.org/10.4141/CJAS-2014-014>
- Bildirici, N., Aldemir, R., Karsli, M.A., Dogan, Y., 2009. Potential Benefits Intercropping Corn with Runner Bean for Small-sized Farming System. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 22, 836–842.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J., Muck, R.E., 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101, 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Carter, W.R., 1960. A review of nutrient losses and efficiency of conserving herbage as silage, barn-dried hay and field-cured hay. *Grass Forage Sci.* 15, 220–230. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1960.tb00183.x>
- Cunha, S.S., Orrico Junior, M.A.P., Reis, R.A., Orrico, A.C.A., Schwingel, A.W., Reis, S.D.S., Silva, M.S.J., 2020. Use of crude glycerine and microbial inoculants to improve the fermentation process of Tifton 85 haylages. *Trop. Anim. Health Prod.* 52, 871–879. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02082-y>
- dos Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., dos Anjos, L.H.C., de Oliveira, V.Á., Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A. de, Filho, J.C. de A., Oliveira, J.B. de, Cunha, T.J.F., 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos, Embrapa Solos.
- Eskandari, H., Ghanbari, A., 2009. Intercropping of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) as whole-crop forage : effect of different planting pattern on total dry matter production and maize forage quality. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca* 37, 152–155.
- Fietz, C.R., Fisch, G.F., 2008. O Clima da Região de Dourados, MS. Embrapa Agropecuária Oeste 92, 32.
- Foster, J.L., Carter, J.N., Sollenberger, L.E., Blount, A.R., Myer, R.O., Maddox, M.K., Phatak, S.C., Adesogan, A.T., 2011. Nutritive value, fermentation characteristics, and in situ disappearance kinetics of ensiled warm-season legumes and bahiagrass. *J. Dairy Sci.* 94, 2042–2050. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3800>
- Günter, P., Muck, R.E., Driehuis, F., Elferink, S.J.W.H.O., Spoelstra, S.F., 2003. Microbiology of Ensiling 31–93. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
- Harris, P.A., Ellis, A.D., Fradinho, M.J., Jansson, A., Julliand, V., Luthersson, N., Santos, A.S., Vervuert, I., 2017. Feeding conserved forage to horses: recent advances and recommendations. *Animal* 11, 958–967. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002469>
- Jahanzad, E., Sadeghpour, A., Hashemi, M., Keshavarz Afshar, R., Hosseini, M.B., Barker, A. V., 2016. Silage fermentation profile, chemical composition and economic evaluation of millet and soya bean grown in monocultures and as intercrops. *Grass Forage Sci.* 71, 584–594. <https://doi.org/10.1111/gfs.12216>

- Kung, L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101, 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Leonel, F.D.P., Pereira, J.C., Costa, M.G., Marco Junior, P., Silva, C.J., Lara, L.A., 2009. The intercrop between signal grass and corn: productive performance of the cultures, nutritional characteristics and silage quality. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 166–176. <https://doi.org/doi.org/10.1590/S1516-35982009000100021>
- Li, P., Ji, S., Wang, Q., Qin, M., Hou, C., Shen, Y., 2017. Adding sweet potato vines improve the quality of rice straw silage. *Anim. Sci. J.* 88, 625–632. <https://doi.org/10.1111/asj.12690>
- Ligoski, B., Gonçalves, L.F., Claudio, F.L., Alves, E.M., Krüger, A.M., Bizzuti, B.E., Lima, P. de M.T., Abdalla, A.L., Paim, T. do P., 2020. Silage of intercropping corn , Palisade grass , and Pigeon pea increases protein content and reduces in vitro methane production. *Agronomy* 10. <https://doi.org/doi:10.3390/agronomy10111784>
- Machado, L.A.Z., Cecato, U., Comunello, E., Concenço, G., Ceccon, G., 2017. Estabelecimento de forrageiras perenes em consórcio com soja , para sistemas integrados de produção agropecuária. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 52, 521–529. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000700006>
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 85, 1217–1240.
- Muck, R.E., 2010. Silage microbiology and its control through additives. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 183–191. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001300021>
- Müller, C.E., 2018. Silage and haylage for horses. *Grass Forage Sci.* 73, 815–827. <https://doi.org/10.1111/gfs.12387>
- Müller, C.E., 2005. Fermentation patterns of small-bale silage and haylage produced as a feed for horses. *Grass Forage Sci.* 60, 109–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2005.00457.x>
- Müller, C.E., Johansson, M., Salomonsson, A.C., Albihn, A., 2014. Effect of anaerobic digestion residue vs. livestock manure and inorganic fertilizer on the hygienic quality of silage and haylage in bales. *Grass Forage Sci.* 69, 74–89. <https://doi.org/10.1111/gfs.12046>
- Müller, C.E., Pauly, T.M., Udén, P., 2007. Storage of small bale silage and haylage - Influence of storage period on fermentation variables and microbial composition. *Grass Forage Sci.* 62, 274–283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2007.00580.x>
- Neres, M.A., Castagnara, D.D., Mesquita, E.E., Jobim, C., Três, T.T., Oliveira, P.S.R., Oliveira, A.A.M. de A., 2011. Production of tifton 85 hay overseeded with white oats or ryegrass. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 1638–1644.
- Neres, M.A., Castagnara, D.D., Silva, F.B., Oliveira, P.S.R. de, Mesquita, E.E., Bernardi, T.C., Guarianti, A.J., Vogt, A.S.L., 2012. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv.

Super N, em cultivo singular ou em associação. *Ciência Rural* 42, 862–869.
<https://doi.org/10.1590/s0103-84782012000500017>

Orrico Junior, M.A.P., Vendramini, J.M.B., Erickson, J., Moriel, P., Silveira, M.L.A., Aguiar, A.D., Sanchez, J.M.D., Silva, W.L., Silva, H.M., 2020. Nutritive value and fermentation characteristics of silages produced from different sweet sorghum plant components with or without microbial inoculation. *Appl. Anim. Sci.* 36, 777–783. <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02027>

Pryce, J.D., 1969. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. *Analyst* 94, 1151–1152.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1039/AN9699401151>

Saia, S., Urso, V., Amato, G., Frenda, A.S., Giambalvo, D., Ruisi, P., Miceli, G. Di, 2016. Mediterranean forage legumes grown alone or in mixture with annual ryegrass : biomass production , N2 fixation , and indices of intercrop efficiency. *Plant Soil* 402, 395–407. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2837-x>

Tilley, J.M.A., Terry, R.A., 1963. A Two-Stage Technique for the in Vitro Digestion of Forage Crops. *Grass Forage Sci.* 18, 104–111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>

Van Soest, P., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*, 2 nd. ed. Cornell University Press, New York.

Vasconcelos, E.C.G., Cândido, M.J.D., Pompeu, R.C.F., Cavalcante, A.C.R., Lopes, M.N., 2020. Morphogenesis and biomass production of ' BRS Tamani ' guinea grass under increasing nitrogen doses. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 55.
<https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01235>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, ao longo desta dissertação, evidencia-se que o manejo do consórcio entre gramínea e leguminosas, nos diferentes métodos de conservação, interfere nas características de rendimento de MS, e no valor nutritivo. Pode-se afirmar que o consórcio de gramínea e leguminosas pode ser uma alternativa viável para o produtor rural, visto sua boa produtividade e qualidade para fornecer aos ruminantes, com ênfase para o incremento de PB das silagens, fenos e pré-secados mistos.

Os potenciais demonstrando pelos consórcios poderão estimular muitos produtores a melhor gerenciarem seus sistemas de produção a partir dos métodos de conservação, motivado pela escassez de alimento nos períodos críticos do ano.

Como limitações desta pesquisa, podem ser citadas a interferência das condições climáticas no momento dos cortes, para a produção dos fenos e pré-secados, além da

pandemia provocada pelo COVID-19 ter provocado atraso no cronograma das análises laboratoriais.

Faz-se importante, nos anos seguintes, avaliações complementares dentro das adjacentes áreas: consumo, comportamento ingestivo e desempenho animal das silagens, feno e pré-secados misto, em estudo.