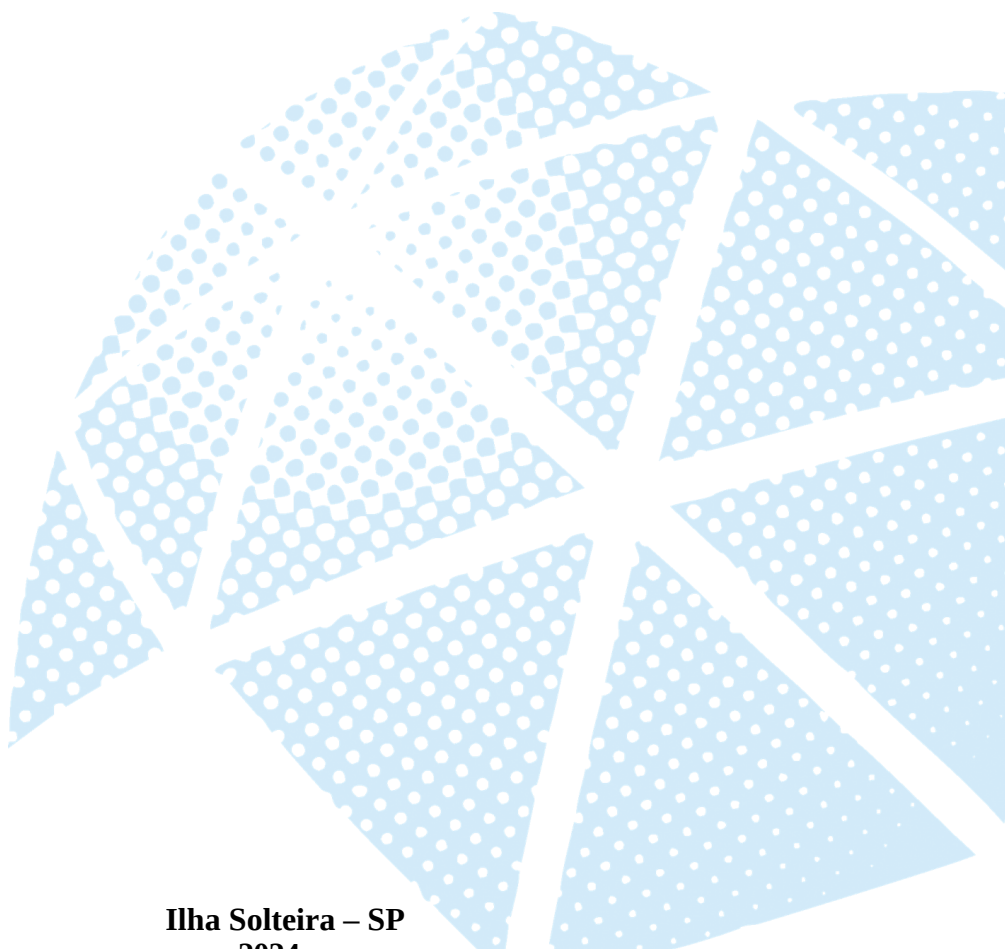


**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

RAFAEL RIBEIRO AGOSTINETE

**QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO GRANÍFERO CONSORCIADO COM
PLANTAS DE COBERTURA**



**Ilha Solteira – SP
2024**

RAFAEL RIBEIRO AGOSTINETE

**QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO GRANÍFERO CONSORCIADO COM
PLANTAS DE COBERTURA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Zootecnista.

Marcelo Andreotti
Orientador

**Ilha Solteira - SP
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A275q Agostinete, Rafael Ribeiro.
Qualidade da silagem de sorgo granífero consorciado com plantas de cobertura / Rafael Ribeiro Agostinete. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
50 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. Crotalaria ochroleuca. 2. Análise bromatológicas. 3. Urochloa brizantha.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ZOOTECNIA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Qualidade da silagem de sorgo granífero consorciado com plantas de cobertura

ALUNO: *Rafael Ribeiro Agostinete* RA: 181050064

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora

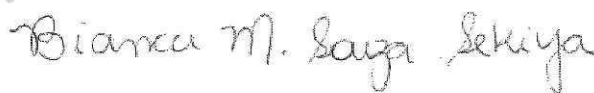
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)



Dra. Viviane Cristina Modesto



Me. Bianca Midori Souza Sekiya



Rafael Ribeiro Agostinete

Ilha Solteira, 19 de junho de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a toda minha família, ao professor Marcelo Andreotti e todos meus companheiros de estágio da Equipe Andreotti que me ajudaram do início ao fim deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus; à minha família, em especial aos meus pais que desde do início quando tive a decisão de me tornar um profissional na área de Zootecnia, sempre me deram total apoio; aos meus irmãos, que tomo como exemplo em toda minha vida e nunca mediram esforços para que eu conquistasse tudo o que tenho almejado.

Agradecimento especial ao meu professor e orientador Dr. Marcelo Andreotti pela paciência, aprendizado, a oportunidade que me foi dada de poder entrar nesta equipe e poder realizar este experimento, a Izabela Sanches que me instruiu como realizar o experimento, sempre disposta a me ouvir e esclarecer minhas dúvidas sobre o experimento e a todos os meus companheiros de estágio da Equipe Andreotti que sem eles, nada deste experimento teria acontecido, sempre me ajudaram, me acompanhando em todos os momentos do experimento do início ao fim.

Admiro todos como pessoas e profissionais, e levarei vocês sempre comigo em meu coração.

RESUMO

Os animais exigem uma nutrição adequada, o que é um dos fatores mais importantes no sistema de produção de bovinos. Em períodos de seca, quando há déficit de forragem, a silagem é uma das estratégias que se enquadra bem para incrementar a dieta desses animais. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada na cidade de Selvíria – MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 7x2, com 4 repetições. Os tratamentos consistiram do cultivo de espécies vegetais em consórcio: 1- Sorgo Granífero AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; 2- Sorgo Granífero AG1085 + Trigo Mourisco IPR 91; 3 – Sorgo Granífero AG1085 + *Crotalária ochroleuca*; 4 – Sorgo Granífero AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás + Trigo Mourisco IPR 91; 5 – Sorgo Granífero AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás + *Crotalária ochroleuca*; 6- Sorgo Granífero AG1085 + Trigo Mourisco IPR 91 + *Crotalária ochroleuca*; 7 – Sorgo Granífero AG1085 + Trigo Mourisco IPR 91 + *Crotalária ochroleuca* + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás, com o sorgo espaçado a 0,45 ou 0,85 m entre linhas. A semeadura foi realizada no dia 04/11/2020 e no dia 04/02/2021 quando os grãos do sorgo apresentavam em torno de 70% de matéria seca (MS), foi efetuado a colheita mecânica da massa vegetal para a ensilagem, esta foi armazenada e compactada em tubos de policloreto de vinilia (PVC), os quais foram lacrados e vedados. Após 60 dias da ensilagem, estes tubos foram abertos, sendo ignorada a camada superficial (10 cm) e retirada uma subamostra para a realização das análises bromatológicas, no momento da ensilagem as análises feitas foram: Proteína Bruta (PB), Fibra em detergente neutro (FDN), Carboidratos solúveis (CHOs) e Poder tampão (PoT), após abertura dos tubos foram feitas análises de Matéria seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em detergente neutro (FDN), Fibra em detergente ácido (FDA), Hemicelulose (HEM), Celulose (CEL), Cinzas (CZ), Extrato etéreo (EE), Lignina (LIG), Carboidratos totais, Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e Digestibilidade (D). O espaçamento de 0,45 m entre as linhas de sorgo, proporcionou silagens advindas do seus respectivos consórcios, de maior qualidade comparado ao espaçamento de 0,85 m. O consórcio do sorgo com a leguminosa *Crotalária ochroleuca* exclusivamente ou combinada com capim Paiaguás resultou em silagem com melhores parâmetros bromatológicos resultando em uma silagem de boa qualidade.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*; *Crotalaria ochroleuca*; *Urochloa brizantha*; *Fagopyrum esculentum*; análise bromatológicas; consórcios.

ABSTRACT

Animals require adequate nutrition, which is one of the most important factors in the cattle production system. In periods of drought, when there is a forage deficit, silage is one of the strategies that fits well to increase the diet of these animals. The work was developed at the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE) of the Faculty of Engineering of Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista (UNESP), located in the city of Selvíria – MS. The experimental design was in randomized blocks in a 7x2 factorial scheme, with 4 replications. The treatments consisted of the cultivation of plant species in consortium: 1- Graniferous Sorghum AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; 2- Grain Sorghum AG1085 + Buckwheat IPR 91; 3 – Graniferous sorghum AG1085 + *Crotalaria ochroleuca*; 4 – Grain Sorghum AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás + Buckwheat IPR 91; 5 – Grain sorghum AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás + *Crotalaria ochroleuca*; 6- Grain Sorghum AG1085 + Buckwheat IPR 91 + *Crotalaria ochroleuca*; 7 – Grain Sorghum AG1085 + Buckwheat IPR 91 + *Crotalaria ochroleuca* + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás, with sorghum spaced 0.45 or 0.85 m between rows. Sowing was carried out on 11/04/2020 and on 02/04/2021 when the sorghum grains had around 70% dry matter (DM), the vegetable mass was mechanically harvested for silage, this it was stored and compacted in polyvinyl chloride (PVC) tubes, which were sealed and sealed. After 60 days of ensiling, these tubes were opened, ignoring the surface layer (10 cm) and taking a subsample to carry out bromatological analyses. At the time of ensiling, the analyzes carried out were: Crude Protein (CP), Neutral detergent fiber (NDF), Soluble Carbohydrates (CHOs) and Buffer Power (PoT), after opening the tubes, analyzes of Dry Matter (DM), Crude Protein (CP), Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (FDA) were carried out.), Hemicellulose (HEM), Cellulose (CEL), Ash (CZ), Ether Extract (EE), Lignin (LIG), Total Carbohydrates, Neutral Detergent Insoluble Nitrogen (NIDN), Acid Detergent Insoluble Nitrogen (NIDA) and Digestibility (D). The 0.45 m spacing between the sorghum rows provided silage from their respective consortiums, of higher quality compared to the 0.85 m spacing. The consortium of sorghum with the legume *Crotalaria ochroleuca* exclusively or combined with Paiaguás grass resulted in silage with better bromatological parameters resulting in good quality silage.

Keywords: *Sorghum bicolor*; *Crotalaria ochroleuca*; *Urochloa brizantha*; *Fagopyrum esculentum*; consortium; chemical analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do experimento. Selvíria, MS.....	22
Figura 2 - Desenvolvimento das culturas em consórcio.....	24
Figura 3 - Desenvolvimento das culturas em consórcio.....	24
Figura 4 - Colheita do material vegetal.....	26
Figura 5 - Armazenamento e compactação do material ensilado no tubo de PVC.....	27
Figura 6 - Tubos de PVC que continham o material ensilado.....	27
Figura 7 - Extração do suco da silagem utilizando prensa hidráulica.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para qualificação das silagens, matéria seca (MS), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH ³ /NT) e digestibilidade (DIVMS).....	16
Tabela 2 – Perdas que ocorrem na fabricação da silagem.....	17
Tabela 3 – Caracterização inicial dos atributos químicos da área experimental. Selvíria, MS, 2020.....	23
Tabela 4 - Médias da população de plantas (POP) por hectare, diâmetro de colmos (DC) e altura de plantas (ALP), determinada antes da colheita do material. Selvíria, MS, 2021.....	30
Tabela 5 - Desdobramento das interações entre espaçamentos x consórcios para população de planta (POP) e diâmetro de colmo (DC) do sorgo, determinada antes da colheita do material para ensilagem. Selvíria 2021.....	31
Tabela 6 - Médias de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis totais (CHO _s) da planta inteira de sorgo no momento da ensilagem. Selvíria, MS, 2021.....	32
Tabela 7 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis totais (CHO _s) da planta inteira no momento da ensilagem. Selvíria, MS, 2021.....	33
Tabela 8 - Médias de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) em silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.....	35
Tabela 9 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios para teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021...37	37
Tabela 10 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.....	38
Tabela 11 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de lignina (LIG) e celulose (CEL) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.....	39
Tabela 12 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.....	40
Tabela 13 - Médias de extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ³ /NT), digestibilidade (D), carboidratos solúveis totais (CHO _s).....	41
Tabela 14 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios no teor de extrato etéreo (EE) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.....	42

Tabela 15 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios nos teores de nitrogênio amoniacal ($\text{N-NH}_3/\text{NT}$) e potencial hidrogeniônico (pH) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.....43

Tabela 16 - Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios nos teores de digestibilidade (D) e carboidratos solúveis totais (CHO_s) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.....44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2 . REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Consórcio de plantas para ensilagem.....	14
2.2 Qualidade de silagem.....	15
2.3 Perdas de nutrientes na silagem	17
2.4 Plantas de cobertura no sistema produtivo	18
3. OBJETIVO.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6. CONCLUSÃO	46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

Na região do Cerrado a agricultura tem avançado em direção à sustentabilidade, no início com a adoção do Sistema Plantio Direto (SPD), e, posteriormente, com Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA). Os princípio básico destes sistemas é o aporte de resíduos vegetais na superfície do solo, porém, as culturas comerciais cultivadas em monocultivo na maioria das vezes, não produzem palhada em quantidades satisfatórias para que o solo seja coberto e protegido ao longo do ano (MATEUS et al., 2016). Levando em consideração a proteção do solo, as plantas de cobertura têm recebido expressiva atenção, por constituírem em alternativas para elevar a sustentabilidade dos sistemas de produção quando consorciados com cultivos de plantas graníferas e/ou forrageiras.

Em especial na Integração Lavoura- Pecuária (ILP) que faz parte deste sistema, o sorgo vem sendo cultivado nas áreas de cerrado em consórcios com espécies do gênero *Urochloa*, obtendo resultados positivos na produção de matéria seca/grãos. O sorgo é utilizado devido a sua adaptabilidade em situações de déficit hídrico e as condições de baixa fertilidade dos solos do cerrado, além de proporcionar características bromatológicas, qualidade de silagem semelhante ao milho, e com menor custo de produção.

A associação de culturas permite a cobertura do solo (COSTA et al., 2014; PEREIRA et al., 2016) e proporciona resultados ambientais positivos (CRUSCIOL et al., 2012), fornece qualidade de fitomassa capaz de ser utilizada para alimentação animal por ensilagem, como exemplo, o consórcio do sorgo com forrageiras (COSTA et al., 2015; PARIZ et al., 2017).

Uma outra ótima opção é a adição de leguminosas no consórcio devido as suas qualidades nutricionais (GARCIA et al., 2016), visando no incremento dos teores de proteína bruta do material vegetal a ser ensilado.

Uma alternativa que vem sendo estudada é o uso de leguminosas em consórcio com gramíneas para produção de silagem. A associação de leguminosas às gramíneas melhora a qualidade da massa a ser ensilada, aumentando o conteúdo proteico, melhorando a digestibilidade dos nutrientes, a ingestão e aspectos relacionados com a produção, como ganho de peso e produção de leite, devido ao seu alto valor nutricional (EPIFANIO et al., 2016; SANTANA et al., 2015).

Entretanto, a inconsistência dos resultados obtidos em diferentes regiões do país, evidencia a importância de se realizarem pesquisas regionalizadas, buscando melhorar a eficiência destes sistemas produtivos, tanto para safra de verão, quanto para a segunda safra.

2 . REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Consórcio de plantas para ensilagem.

O consórcio de culturas produtoras de grãos e gramíneas tropicais é possível, graças ao diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies (KLUTHCOUSKI e YOKOYAMA, 2003). Porém, nem sempre é possível obter bons resultados devido ao efeito competitivo que uma espécie exerce sobre a outra.

A utilização de gramíneas associadas a culturas anuais tem contribuído para a redução dos custos de formação e/ou recuperação de pastagens em melhores condições de fertilidade do solo, sendo geralmente consorciadas com arroz, milho, sorgo e milheto (CRUZ, 2016).

De acordo com Souza Neto (1993), o conhecimento de como a espécie de gramínea e a cultura produtora de grãos se comportam quando consorciadas na competição por fatores de produção, é de grande importância para o êxito na formação da pastagem e produção satisfatória da cultura anual.

Estas gramíneas proporcionam excelente cobertura da superfície do solo, permanecendo a palhada na área por longo período de tempo quando comparada com a palhada de outras espécies. As gramíneas do gênero *Urochloa* se caracterizam por sua rusticidade e adaptação aos solos de baixa fertilidade e ácidos, entretanto, respondem bem a melhorias na fertilidade do solo e, portanto, apresentam altas produções em áreas com cultivos anuais. Além de serem facilmente estabelecidas com culturas anuais, apresentam boa competição com plantas daninhas e tem efeito no controle de algumas pragas e doenças em cultivos com o milho, soja e feijão (CRUZ, 2016). Pelo porte mais baixo, são de manejo mais fácil, tanto para pastejo quanto para dessecação para o SPD das culturas em sucessão (ZIMMER et., 2011).

Segundo Silva et al. (2010) é interessante destacar que quanto maior a capacidade competitiva por água, luz e nutrientes entre as espécies de gramíneas em consórcio com o sorgo, maior será a redução da produtividade dos grãos, sendo a capacidade competitiva de uma planta afetada pelo regime hídrico, fertilidade do solo, espaçamento, população de plantas, além de características fisiológicas e morfológicas da própria espécie.

O uso de leguminosas consorciada a gramíneas na ensilagem é, principalmente, para favorecer a elevação do teor de proteína bruta da silagem, que quando feita exclusivamente com gramínea apresenta, em média, valores de 4,0 a 7,0% (base na matéria seca), dependendo da forrageira empregada (GOBETTI et al., 2011).

A adoção de consórcios contendo leguminosas é uma forma de incremento de proteína bruta (PB) para a silagem, visto que o milho apresenta elevada concentração de carboidratos solúveis e teores menores de proteína (COSTA, 2011).

De acordo com Junqueira (2018), as leguminosas apresentam teores de proteínas bem mais elevados que as gramíneas, porém, apresentam menor produtividade e crescimento mais lento, o que acaba gerando uma produtividade global menor.

Na dificuldade de obtenção de semente de ciclo médio, pode-se antecipar ou retardar o plantio dessa leguminosa, de tal forma que o ponto de colheita coincida com a colheita do milho ou sorgo. A associação de leguminosas na ensilagem de gramíneas, embora mude as características da fermentação no silo, não prejudica a qualidade da forragem, elevando o teor de proteína (GOBETTI et al., 2011).

Nesse contexto, a consorciação é uma prática que permite associar em uma mesma área, o plantio de culturas diversas para aumentar o rendimento, enriquecer a vida biológica do solo e protegê-lo contra a erosão. Podendo também ser considerada como uma técnica agrícola de conservação que visa um melhor aproveitamento em longo prazo do solo, bem como o cultivo na qual se utiliza mais de uma espécie de planta na mesma área e no mesmo período de tempo (PEIXOTO et al., 2001).

2.2 Qualidade de silagem

Uma maneira de conservar e armazenar forragem produzida em grandes quantidades no período das águas é a silagem, que permite sua utilização em outras épocas. É muito utilizada pelos pequenos e grandes produtores, voltado para a alimentação dos animais. Quase todos os tipos de forrageiras podem ser ensiladas, entretanto, nas exigências de quantidade e qualidade na dieta animal, poucas espécies atendem, sendo importante analisar as espécies que se mostram convenientes econômica e nutricionalmente (ANDRIGUETTO et al., 2002).

A qualidade e o valor nutritivo de uma silagem dependem fundamentalmente do estágio de maturação no momento do corte, influenciando no processo fermentativo, sendo diretamente refletido na composição química e, com consequência no desempenho animal (MACHADO et al., 2012). O objetivo do processo de ensilagem é preservar as características originais da planta a ser ensilada, principalmente pelo valor nutricional da espécie vegetal que está sendo utilizada para essa finalidade. Por conta disso deve-se ter total atenção ao processo de fabricação da silagem para evitar perdas do material dentro do silo.

A determinação da qualidade nutricional de um alimento é um método, geralmente, laboratorial (BARROCAS et al., 2017). A qualidade nutricional da silagem também deve ser avaliada, principalmente pela degradabilidade do material, e determinar uma dieta balanceada de proteínas, energia e minerais (MROGINSKI, 2019).

Os parâmetros que são avaliados para determinar a qualidade de uma silagem são os teores de matéria seca, digestibilidade, pH, nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total e ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico e lático), dos teores das frações fibrosas (fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e lignina) que se tornam importantes na avaliação da qualidade de silagem, por influenciar no consumo e na digestibilidade do alimento (VAN SOEST, 1994).

O teor de matéria seca está diretamente relacionado com a qualidade final da silagem, pois a ensilagem de materiais fora de seu estágio ideal de maturação, leva a perdas dentro do silo, por processos fermentativos indesejados. Segundo Faria (1986). O ponto de corte do sorgo para silagem situa-se entre 28 a 38% de matéria seca, no qual os grãos encontram-se no ponto farináceo. Silagens com altos teores de umidade, isto é, baixos teores de matéria seca, favorecem a fermentação clostridiana, resultando em produto final com altos teores de amônia, amida e ácido butírico (PECHOTO, 2019).

O ácido lático, dentre os ácidos orgânicos, é o mais comumente relacionado com a qualidade de silagem, devido sua constante dissociação em relação aos ácidos butírico e acético, sendo então o responsável por inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, os ácidos acético e butírico estão relacionados com valores de pH (CRUZ, 2016). Portanto, para que a estabilidade adequada do pH ocorra dentro do silo é de suma importância que existam quantidades adequadas de ácido lático, pois desta maneira haverá inibição da proliferação de microrganismos indesejáveis, resultando em produto final de boa qualidade.

Na Tabela 1, encontram-se diferentes critérios de avaliação de qualidade de silagens de acordo com diferentes autores.

Tabela 1 . Parâmetros utilizados para qualificação das silagens, matéria seca (MS), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT) e digestibilidade (DIVMS).

Parâmetros	Muito Boa	Boa	Média	Ruim
MS ¹ (%)	35,0 – 30,0	30,0 – 25,0	25,0 – 20,0	< 20,0
pH ¹	< 3,8	3,8 – 4,2	4,2 – 4,6	> 4,6
N-NH ₃ ² (%NT)	< 10,0	10,0 – 15,0	15,0 – 20,0	> 20,0
DIVMS ³ (%)	> 65,0	65,0 – 55,0	55,0 – 40,0	< 40,0

Fonte: ¹Paiva (1976); ²AFRC (1987); ³Borges (1995).

A avaliação dos conteúdos de amônia (N-NH₃/N total), indica a extensão da proteólise promovida dentro do silo pelo microrganismo chamado *Clostridium*. De acordo com o AFRC (1987) conteúdos superiores a 15% de nitrogênio amoniacal é um indicativo de proteólise extensa durante a fermentação, o que resulta em silagem de pior qualidade.

Além da determinação da composição química, a estimativa do consumo e digestibilidade são necessárias para a avaliação do valor nutricional de uma silagem, isso por estarem correlacionados com seu valor energético (ALVARENGA, 1994). Os valores de digestibilidade in vitro da matéria seca apresentam alta correlação com os valores de digestibilidade in vivo (TILLEY e TERRY, 1963).

2.3 Perdas de nutrientes na silagem

Perdas no material ensilado acabam ocorrendo após realizar o corte das plantas no campo, que por conta da atividade respiratória residual, ocorrem perdas de alguns nutrientes, em geral em torno de 1 a 2% do material ensilado. A total ausência de ar no silo é importante por diminuir as perdas, pois a presença do ar estende o tempo de respiração e permite que os teores de carboidratos solúveis sejam reduzidos, aumentando a perda de nutrientes e reduzindo o teor de ácido láctico no produto final (PEREIRA et al., 2015).

Parte dessas perdas são evitáveis, e para isso algumas técnicas corretas de ensilagem devem ser usadas. Outras são consideradas inevitáveis, mas podem ser minimizadas através do uso de boas técnicas de ensilagem (LANES et al., 2008). A Tabela 2 relaciona essas perdas e suas principais características.

Tabela 2. Perdas que ocorrem na fabricação da silagem.

Processo	Tipo de perda	Perda em MS (%)	Causas
Respiração	Inevitável	1 a 2	Reações da planta
Fermentação	Inevitável	2 a 4	Microrganismos
Fermentações secundárias e efluentes	Evitável	0 a 7	Baixo teor de matéria seca e ambiente inadequado dentro do silo
Deterioração aeróbia no armazenamento	Evitável	0 a 10	Alto teor de matéria seca, partículas grandes, má compactação e demora no enchimento
Deterioração aeróbia no descarregamento	Evitável	0 a 15	Alto teor de matéria seca, baixa densidade, técnicas incorretas de descarregamento

Fonte: LANES, 2008.

A umidade do material compactado é também importante fator a ser levado em consideração, para minimizar a perda e com grande influência na reação química que ocorre durante o armazenamento. Materiais com muita umidade ocasionam muitas perdas devido aos efluentes, levando à lixiviação de nutrientes, o qual pode resultar em uma fermentação pobre e uma silagem de má qualidade, sendo que perdas por efluentes devem ficar, no máximo, entre 5 a 7% (PEREIRA et al., 2015).

2.4 Plantas de cobertura no sistema produtivo

A indicação sistemática de plantas de cobertura, associada ao sistema de rotação de culturas diversificadas para uso em sistema plantio direto no Bioma Cerrado, é uma estratégia para acúmulo de palhada na superfície do solo (WUTKE et al., 2014). Quando presentes na entressafra, as plantas de cobertura absorvem nutrientes em camadas subsuperficiais acumulando-os nas raízes e/ou na parte aérea e, depois, os liberam em camadas superficiais por meio da decomposição e da mineralização dos seus resíduos, ao longo do ciclo da próxima safra, promovendo um ambiente favorável no solo (LIMA FILHO et al., 2014).

As gramíneas, junto com as leguminosas, constituem as principais famílias quando se trata de cobertura vegetal. O uso de leguminosas como plantas de cobertura constitui uma importante fonte de nitrogênio (N) ao solo, no processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) (AITA; GIACOMINI, 2006). No entanto, estas espécies apresentam menor rendimento de matéria seca, desenvolvimento inicial mais lento e rápida decomposição dos resíduos (SILVA et al., 2006). Em contrapartida, quando há o uso exclusivo de gramíneas como plantas de cobertura, estas causam prejuízos às culturas em sucessão, em razão da provável imobilização de N do solo durante a sua decomposição, embora também possuam alta capacidade de extração de N do solo (KRAMBERGER et al., 2009), com maior produtividade de matéria seca e, portanto, maior acúmulo de nutrientes na palhada.

Dentre as leguminosas com potencial de utilização como plantas de cobertura, destacam-se as espécies do gênero *Crotalaria*, dentre elas está a *C. ochroleuca*. Esta espécie é uma dicotiledônea anual, desenvolve-se em solos quimicamente pobres e com baixos teores de matéria orgânica. Apresenta rápido e vigoroso desenvolvimento de raízes, as quais podem romper camadas adensadas ou compactadas do solo. Além disso, apresenta boa tolerância aos fitonematóides *Meloydogine incognita*, *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus*.

Produce mais matéria seca que a *Crotalaria spectabilis*, com quantidade próxima da gerada pela *Crotalaria juncea*, e pouco estudada em condições de Cerrado.

O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench.), planta dicotiledônea, é indicado como planta de cobertura (AMELCHANKA; KREUZER; LEIBER, 2010) em função da sua

grande tolerância à acidez e capacidade de utilização de sais de fósforo e potássio pouco solúveis no solo, conseguindo assim bom desenvolvimento em solos pobres, é ideal para o cultivo tanto de safra, como de safrinha e em rotação de culturas em áreas de cultivos extensivos (GÖRGEN, 2013).

Pasqualetto et al. (1999) ainda destacam o benéfico controle de plantas daninhas, tanto de monocotiledôneas quanto dicotiledôneas, decorrente da utilização do trigo mourisco como cultura de cobertura. O material vegetal se decompõe rapidamente, tornando os nutrientes disponíveis para a cultura em sucessão.

As gramíneas forrageiras vêm apresentando bom desempenho em SPD e SIPA, principalmente as do gênero *Urochloa* devido à alta produção de massa seca e também alta relação C/N na sua composição (PARIZ et al., 2011, ROSSI et al., 2013; COSTA et al., 2015; PARIZ et al., 2016). A *Urochloa brizanta* cv. BRS Paiaguás é uma excelente opção para produção de matéria seca de qualidade em solos de média fertilidade nos cerrados. Foi selecionada com base na produtividade, vigor, produção de sementes, e apesar de não apresentar resistência à cigarrinha das pastagens, mostrou ter elevado potencial no período seco, com alto teor de folhas e bom valor nutritivo.

Assim, o consórcio entre diferentes espécies de plantas de cobertura minimizam os problemas observados em cultivo exclusivo. Isso porque a relação C/N dos resíduos culturais dos consórcios entre espécies é intermediária àquela encontrada no tecido vegetal das espécies cultivadas isoladamente, e a relação C/N é considerada uma das principais características controladoras da velocidade de decomposição (GIACOMINI, 2001). Com isso, fatores relacionados à composição química de resíduos vegetais (hemicelulose, celulose e lignina) são relevantes para o estabelecimento de cobertura na superfície do solo (CARVALHO et al., 2009).

O uso do sorgo na alimentação animal tem mostrado crescimento significativo nos últimos anos, principalmente devido à sua maior resistência ao estresse hídrico quando comparado ao milho (ALVES et al., 2012), sendo excelente alternativa para regiões tropicais com maiores riscos de veranicos. Entretanto, seus baixos teores nutricionais são fatores limitantes para a ingestão e digestibilidade, tornando necessária a suplementação com concentrados proteicos, o que leva a maiores custos na produção animal (OLIVEIRA et al., 2010; REZENDE et al., 2011). Em contrapartida, silagens utilizando apenas espécies de leguminosas têm má qualidade devido ao alto poder tampão e baixo teor de carboidratos solúveis (LIMA et al., 2010), o que gera silagem de péssima qualidade.

Outra demanda de pesquisa para o sorgo em consórcio está relacionada aos diferentes arranjos de espaçamento, ou seja, quando consorciado no espaçamento de 0,85 as plantas de cobertura irá se desenvolver mais do que o sorgo por conta do maior espaço que as plantas de cobertura tem para se desenvolver e ao analisar a qualidade da silagem encontra-se maior características de plantas de cobertura , diferente do espaçamento de 0,45 que por ser um menor espaço o sorgo tem maior desenvolvimento nos consórcios e silagem advinda de seus consórcios terá maior características do sorgo.

3. OBJETIVO

O trabalho objetivou avaliar o espaçamento e as espécies entre Sorgo granífero AG1085 em consórcio com plantas de cobertura (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; Trigo Mourisco (*Fagopyrum esculentum*) cv. IPR 91 e *Crotalária ochroleuca*) em diferentes arranjos (consórcios e espaçamentos entre linhas) sobre a quantidade de material vegetal a ser ensilado e qualidade da silagem.

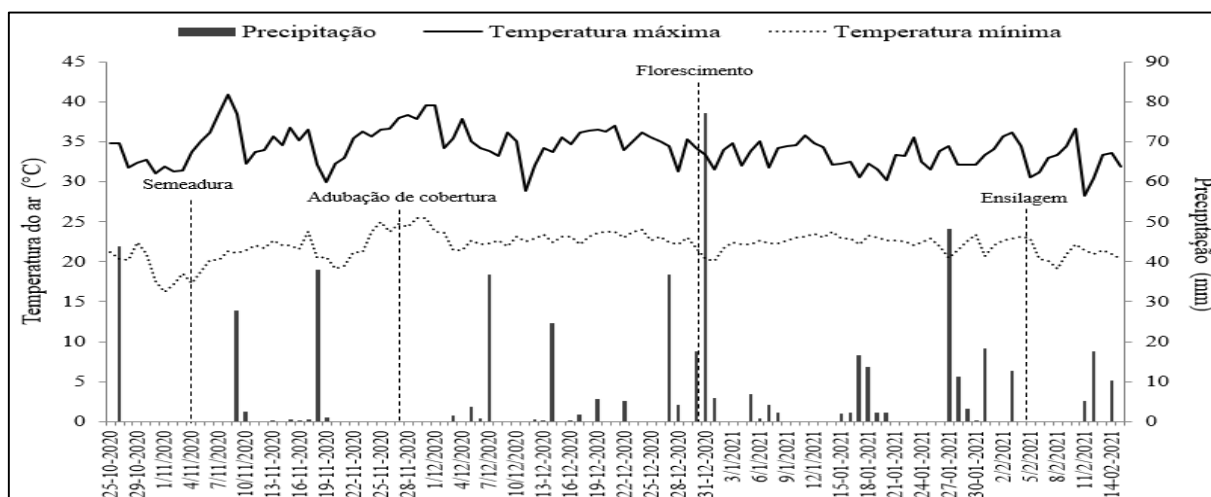
4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período da safra 2020/21 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) pertencente a Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS.

As coordenadas geográficas são de aproximadamente 20° 34' de latitude, 51° 41' de longitude e 362 m de altitude. O clima da região é do tipo Aw apresentando temperatura e precipitação média anual de 25 °C e 1.313 mm, respectivamente (PORTUGAL et al., 2015). As condições climáticas durante a condução do experimento constam na Figura 1.

O histórico da área em que o experimento foi instalado teve como cultivos nos últimos 5 anos agrícolas: Milho + *Urochloa* spp. + Guandu-anão (Safra 2014/15) e Feijão de inverno (Safra 2015); Milho + *Urochloa* spp. + Guandu-anão (Safra 2015/16) e Feijão de inverno (Safra 2016); Soja (Safra 2016/17) e Sorgo + *Urochloa* spp. (Safra 2017); Soja (Safra 2017/18) e Sorgo + *Urochloa* spp. (Safra 2018); Soja (Safra 2018/19) e Aveia preta (Safra 2019); Soja (Safra 2019/20) e Aveia preta (Safra 2020).

Figura 1. Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar durante a condução do experimento. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do autor.

Anterior à instalação dos diferentes consórcios forrageiros, foi realizada uma caracterização da fertilidade do solo (Tabela 3), para tanto foram coletadas 20 subamostras na profundidade de 0 a 0,20 m, as quais foram misturadas numa amostra composta e determinados os atributos conforme metodologia de Raij et al. (2001).

Tabela 3. Caracterização inicial dos atributos químicos da área experimental.

Selvória, MS, 2020.

Camadas	<u>P-resina</u>	MO	<u>pH</u>	S	K	Ca
<u>m</u>	<u>mg dm⁻³</u>	<u>g dm⁻³</u>	<u>CaCl₂</u>	<u>mg dm⁻³</u>	-----	-----
0 - 0,20	38	22	5,1	9	0,9	24

Fonte: Dados do autor.

Mg	<u>H+Al</u>	Al	SB	CTC	V	<u>m</u>
-----	<u>mmol_c dm⁻³</u>	-----	-----	-----	-----	-----
16	31	1	40,9	71,9	57	2

Fonte: Dados do autor.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 7x2, sendo os tratamentos constituídos por sete combinações de consórcio de sorgo granífero e plantas de cobertura, e dois espaçamentos entre as linhas de sorgo. Os tratamentos consistiram no cultivo de espécies vegetais em consórcio: **1-** Sorgo Granífero cv. AG1085 + *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás; **2-** Sorgo Granífero + Trigo Mourisco cv. IPR 91; **3-** Sorgo Granífero + *Crotalaria ochroleuca*; **4-** Sorgo Granífero + *Urochloa brizantha* + Trigo Mourisco; **5-** Sorgo Granífero + *Urochloa brizantha* + *Crotalaria ochroleuca*; **6-** Sorgo Granífero + Trigo Mourisco + *Crotalaria ochroleuca*; **7-** Sorgo Granífero + Trigo Mourisco + *Crotalaria ochroleuca* + *Urochloa brizantha*, espaçados a 0,45 e a 0,85 m entre linhas de sorgo (Figuras 2 e 3).

Figura 2 - Desenvolvimento das culturas em consórcio.



Fonte: Autor, 2020

Figura 3 - Desenvolvimento das culturas em consórcio.



Fonte: Autor, 2020.

A semeadura do sorgo e das plantas de cobertura foi realizada no dia 04/11/2020. A densidade de semeadura do sorgo foi de 7,9 e 14,8 sementes m^{-1} de sulco nos espaçamentos 0,45 e 0,80 m, respectivamente. O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) também foi semeado com espaçamento de 0,45 m entre linhas utilizando-se 8 kg ha^{-1} de sementes. Em contrapartida, a semeadura de *Crotalaria ochroleuca* foi realizada com a semeadora para grãos miúdos com as linhas espaçadas a 0,34 m com densidade de 8 kg ha^{-1} de sementes. E por fim, a semeadura da *Urochloa. brizantha* cv. BRS Paiaguás se deu pelo uso da terceira caixa da semeadora-adubadora utilizada para o sorgo, específica para tal finalidade, utilizando-se 8 kg ha^{-1} de sementes puras viáveis com VC de 80%. A adubação de semeadura foi de 300 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16.

A adubação de cobertura na área foi realizada 28 dias após a semeadura com aplicação de 300 kg ha^{-1} de 20-00-20. Cabe ressaltar, que a germinação da *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás foi lenta e apresentou falhas devido à grande quantidade de palhada da aveia preta antecessora, a qual prejudicou o contato solo/semente.

O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com as necessidades da cultura do sorgo. Em virtude da alta infestação de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), que foi favorecida pelo clima na região, foram realizadas aplicações sequenciais de: Triflumurom (480 g L^{-1}) + Metomil (215 g L^{-1}) em 25/11/20; Teflubenzurom (150 g L^{-1}) + Clorantraniliprole (200 g L^{-1}) em 30/11/20; e Clorantraniliprole (200 g L^{-1}) + Triflumurom (480 g L^{-1}) em 10/12/20. As doses dos inseticidas foram as recomendadas pelo fabricante, levando em consideração a cultura e a espécie da praga. Devido às diferentes espécies de plantas contidas nos consórcios não foram realizadas aplicações de herbicidas.

Antes de realizar a colheita do material vegetal para ensilagem, determinou-se o estande final de plantas (EFP) de sorgo, contando todas as plantas contidas na área útil das parcelas experimentais (2 linhas centrais), também foram mensurados a altura de plantas (AP), com régua graduada, e o diâmetro basal de colmos (DBC), com paquímetro, em 10 plantas de sorgo na área útil das parcelas experimentais.

No dia 04/02/2021, quando os grãos do sorgo granífero apresentavam em torno de 70% de matéria seca (MS), efetuou-se a colheita mecânica da massa vegetal dos consórcios para ensilagem com colhedora de forragem, modelo JF 1300 (Figura 4), sendo o material picado em partículas médias de 2,0 cm. A altura de colheita para ensilagem foi de aproximadamente 0,25 m em relação à superfície do solo, coletando-se as duas linhas centrais de cada parcela. O ciclo do sorgo para confecção de silagem da planta inteira foi de 92 dias após a semeadura.

Figura 4 - Colheita do material vegetal.



Fonte: Autor, 2020.

Antes de realizar a ensilagem, as plantas de sorgo granífero, plantas de cobertura e plantas espontâneas foram cortadas manualmente, a uma altura de aproximadamente 0,25 m em relação à superfície do solo, em quantidade correspondente a 1 m² nas respectivas parcelas experimentais, sendo as espécies separadas, para determinação da produtividade de massa seca/espécie, respectivamente. O material vegetal coletado foi colocado em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72h para determinação da produtividade de massa seca. Na cultura do sorgo granífero, as frações folhas, colmos e panículas foram separadas, com o auxílio de uma tesoura de poda. Posteriormente, as amostras de cada fração foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas para determinação da quantidade de cada fração na composição final da massa a ser ensilada.

O material colhido foi armazenado e compactado em tubos de PVC (Figuras 5 e 6), com capacidade entre 3,30 e 3,60 kg de matéria verde, com flanges de silicone adaptados nas tampas para permitir que o escoamento de gases e sacos de areia com aproximadamente 0,650 kg no fundo dos tubos para a recuperação do efluente. Os tubos foram hermeticamente lacrados com fitas adesivas para evitar a troca de ar com o meio (Figura 7).

Figura 5 - Armazenamento e compactação do material ensilado no tubo de PVC.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 6 - Tubos de PVC que continham o material ensilado.



Fonte: Autor, 2020

Figura 7- Extração do suco da silagem utilizando prensa hidráulica.



Fonte: Autor, 2020.

Os tubos que continham o material vegetal ensilado foram abertos 60 dias após vedação, e após a abertura foi desprezada a camada superficial e retirada uma subamostra, por silo, de aproximadamente 0,300 kg de silagem e acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65°C por 72 horas. As amostras foram processadas em moinho de faca, para posterior análise bromatológica.

As amostras obtidas no momento da ensilagem foram utilizadas para a determinação de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos solúveis e poder tampão, conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Campos et al. (2004).

Após a abertura dos silos e com as amostras moídas foram determinadas os teores de matéria seca (MS) definitiva a 105°C, teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), celulose (Cel), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), lignina (Lig), carboidratos totais, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA) e digestibilidade da MS, conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Campos et al. (2004). A estimativa dos teores de NDT será realizada segundo a metodologia contida no NRC (2001).

Outra quantidade de silagem foi utilizada para a extração do suco, utilizando-se a prensa hidráulica (Figura 8) para a determinação do pH (3 repetições) com imediata leitura, e análise

do nitrogênio amoniacal ($N-NH_3/NT$) com base no nitrogênio total, foi realizada pelo método da destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, usando solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,05 N (ASSOCIATION OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY - AOAC, 1995).

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da FEIS/UNESP.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito do fator espaçamento foram avaliados por teste “t” e teste Scott-Knott para os consórcios. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Agroestat®.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de realizar a colheita do material vegetal foram determinados o número de plantas de sorgo por hectare, o diâmetro basal de colmos e a altura média de plantas (Tabela 4). Não houve efeito dos consórcios e espaçamentos sobre a altura de plantas (ALP), contudo, houve interação significativa para a população de plantas (POP) e diâmetro basal do colmo do sorgo (DC), cujos desdobramentos constam da Tabela 5.

Tabela 4. Médias da população de plantas (POP) por hectare, diâmetro de colmos (DC) e altura de plantas (ALP), determinada antes da colheita do material. Selvíria,MS,2021.

Tratamentos	POP Plantas/ha	DC cm	ALP m
Consórcio (C)			
S+B	103894	1,60	1,27
S+B+C	86436	1,73	1,25
S+B+T	93682	1,53	1,18
S+B+C+T	93382	1,61	1,11
S+C	98529	1,61	1,18
S+C+T	80119	1,56	1,12
S+T	104466	1,56	1,15
Espaçamento (E)			
0,45 m	101322	1,58	1,19
0,85 m	87395	1,62	1,17
Teste F			
<i>p</i> valor (C)	0,2074 ^{ns}	0,5672 ^{ns}	0,1665 ^{ns}
<i>p</i> valor (E)	0,0159*	0,5204 ^{ns}	0,4946 ^{ns}
<i>p</i> valor (C x E)	0,0488*	0,0016**	0,1132 ^{ns}
Média Geral	94359	1,60	1,18
CV (%)	21,9	12,84	11,45

Sorgo + BRS Paiaguás (S+B), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária (S+B+C), Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco (S+B+T), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco (S+B+C+T), Sorgo + Crotalária (S+C), Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco (S+C+T), Sorgo + Trigo Mourisco (S+T). Fonte: Dados do próprio autor.

No desdobramento (Tabela 5), para população de plantas, no espaçamento de 0,45 m, não houve efeito dos consórcios, enquanto que em 0,85 m, as menores populações de sorgo foram proporcionadas pelos consórcios de sorgo + capim Paiaguás + crotalária e sorgo + crotalária + trigo mourisco, em relação aos demais. Comparando os espaçamentos, apenas no consórcio sorgo + capim Paiaguás + crotalária, em 0,45 m foi maior que a 0,85 m, demonstrando que espaçamentos mais estreitos entrelinhas de sorgo configuram maior capacidade de competição do sorgo granífero (baixa estatura) com as plantas de cobertura dos consórcios, principalmente com a crotalária ochroleuca de crescimento mais ereto.

Em relação aos resultados para diâmetro médio do colmo do sorgo, no espaçamento de 0,45 m, destacaram-se apenas dois consórcios, sorgo + capim Paiaguás + crotalária, advindo da

provável menor população de plantas, e sorgo + trigo mourisco, menos competitivo na entrelinha do sorgo, pelo baixo desenvolvimento do trigo em altas temperaturas. Enquanto que, no espaçamento de 0,85 m, os resultados foram superiores nos consórcios de Sorgo + capim Paiaguás, Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria + Trigo Mourisco, Sorgo + Crotalaria e Sorgo + Crotalaria + Trigo Mourisco. Comparando os espaçamentos, apenas o consórcio sorgo + capim Paiaguás propiciou maior diâmetro de colmos no maior espaçamento (0,85 m), enquanto que no consórcio sorgo + trigo mourisco foi o inverso, com maior diâmetro de colmo no espaçamento de 0,45 m.

Tabela 5. Desdobramento das interações entre espaçamentos x consórcios para população de planta (POP) e diâmetro de colmo (DC) do sorgo, determinada antes da colheita do material para ensilagem. Selvíria 2021.

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
POP		
Sorgo + BRS Paiaguás	109259 aA	98529 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria	111111 aA	61765 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	105882 aA	81481 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria + Trigo Mourisco	100000 aA	86765 aA
Sorgo + Crotalaria	100000 aA	97059 aA
Sorgo + Crotalaria + Trigo Mourisco	92592 aA	67647 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	114815 aA	94117 aA
DC		
Sorgo + BRS Paiaguás	1,40 bB	1,80 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria	1,85 aA	1,62 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	1,57 bA	1,50 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria + Trigo Mourisco	1,50 bA	1,72 aA
Sorgo + Crotalaria	1,52 bA	1,70 aA
Sorgo + Crotalaria + Trigo Mourisco	1,45 bA	1,67 aA
Sorgo + Trigo Mourisco	1,80 aA	1,32 bB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Independentemente dos consórcios e espaçamentos, antes da ensilagem, o material vegetal apresentou teores de proteína bruta (PB) (Tabela 6) bem acima de 7%, que de acordo com Van Soest (1994), são considerados adequados para uma boa digestibilidade do alimento no rúmen de bovinos e manutenção das bactérias ruminais. Assim também, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), ficaram abaixo dos limites estipulados por Van Soest (1994), de 60 e 40 %, respectivamente, que não limitam o consumo da silagem pelos animais (ZANINE et al., 2006).

Tabela 6. Médias de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis totais (CHOs) da planta inteira de sorgo no momento da ensilagem. Selvíria, MS, 2021.

Tratamentos	PB	FDN	PoT	CHOs
Consórcio (C)				
Sorgo + BRS Paiaguás	16,04	46,83	29,52	3,70
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	13,11	47,91	29,02	3,48
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	15,95	46,13	27,82	3,78
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	13,11	45,86	27,46	3,67
Sorgo + Crotalária	14,41	45,52	30,30	3,63
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	15,13	48,71	30,25	3,49
Sorgo + Trigo Mourisco	14,49	48,34	29,88	3,60
Espaçamento (E)				
0,45 m	15,95	47,76	30,13	3,45
0,85 m	13,25	46,32	28,25	3,79
Teste F				
<i>p valor</i> (C)	<0,0001**	0,0022**	<0,0001**	0,2043 ^{ns}
<i>p valor</i> (E)	<0,0001**	0,0038**	<0,0001**	<0,0001**
<i>p valor</i> (C x E)	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
Média Geral	14,60	47,04	29,18	3,62
CV (%)	5,36	3,72	3,85	6,93

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor. ** significativo a 1%; ^{ns}: não significativo.

No momento da ensilagem, os teores de umidade, poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis (CHOs) das plantas são de suma importância, visto que influenciam de forma direta na natureza da fermentação. De acordo com Woolford (1984), os resultados de poder tampão e carboidratos solúveis não devem ser inferiores a 30 e 3,0; respectivamente, para possibilitar uma silagem de boa qualidade, valores esses abaixo dos encontrados nesta pesquisa (Tabela 6).

Essa relação entre PoT e CHOs encontrado no presente trabalho se justifica pelo baixo teor de MS das plantas (Tabela 8). A importância do teor de CHOs para preservação da silagem está relacionada com a disponibilidade deste nutriente para com as bactérias, resultando em grande produção de ácido lático e diminuição do pH. Na maioria dos tratamentos o teor de carboidrato solúvel foi abaixo dos níveis considerados ideais (6 a 8%).

Além das variações das espécies utilizadas em cada tratamento, outros fatores influenciam o conteúdo no teor de CHOs, os quais podem ser atribuídos às diferenças entre as cultivares de sorgo, estágio de maturação da planta, fotoperíodo, temperatura, aplicação de fertilizantes, intensidade de luz e precipitação pluviométrica (MCDONALD et al., 1991).

Houve efeito da interação consórcios e espaçamentos para os teores de PB, FDN, PoT e CHOs no material vegetal antes da ensilagem (Tabela 6), cujos desdobramentos constam na Tabela 7. Em relação ao teor de proteína bruta (PB) observa-se que os maiores valores foram obtidos no espaçamento de 0,45 m, exceto para os consórcios Sorgo + capim Paiaguás e Sorgo

+ Trigo Mourisco, pois neste arranjo de plantas há maior fração de panículas/grãos, resultando no aumento do PB do material a ser ensilado quando comparado ao espaçamento de 0,85 m.

Além disso, na composição do material vegetal a ser ensilado, neste menor espaçamento, havia menor quantidade de plantas daninhas em relação ao espaçamento 0,85 m. Dentro dos espaçamentos, em 0,45 m, destacaram-se com maiores teores de PB, os consórcios Sorgo + capim Paiaguás + Trigo Mourisco e Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco, enquanto que no maior espaçamento, novamente destaca-se os consórcio Sorgo + capim Paiaguás + Trigo Mourisco, entretanto, sem diferença para os consórcios sorgo + capim Paiaguás e Sorgo + Trigo Mourisco.

Tabela 7. Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), poder tampão (PoT) e carboidratos solúveis totais (CHOs) da planta inteira no momento da ensilagem. Selvíria, MS, 2021.

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
PB		
Sorgo + BRS Paiaguás	14,45 bA	14,64 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	13,79 cA	12,43 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	17,60 aA	14,31 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	14,34 cA	11,88 bB
Sorgo + Crotalária	16,19 bA	12,62 bB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	17,99 aA	12,27 bB
Sorgo + Trigo Mourisco	14,34 cA	14,63 aA
FDN		
Sorgo + BRS Paiaguás	45,40 bB	48,26 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	48,39 aA	47,44 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	44,94 bA	47,32 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	47,50 aA	44,22 bB
Sorgo + Crotalária	48,85 aA	42,18 bB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	50,48 aA	46,93 aB
Sorgo + Trigo Mourisco	48,77 aA	47,90 aA
PoT		
Sorgo + BRS Paiaguás	33,10 aA	25,95 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	27,10 dB	29,95 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	27,62 dA	28,02 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	29,55 cA	25,37 bB
Sorgo + Crotalária	31,75 aA	28,85 aB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	30,55 bA	29,95 aA
Sorgo + Trigo Mourisco	30,30 bA	29,47 aA
CHOs		
Sorgo + BRS Paiaguás	3,71 aA	3,70 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	3,09 bB	3,88 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	3,52 aB	4,03 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	3,51 aA	3,82 aA
Sorgo + Crotalária	3,10 bB	4,17 aA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	3,41 aA	3,57 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	3,85 aA	3,35 bB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Maior deposição de FDN pode resultar em silagens com maior concentração de fibra, diretamente ligada com a digestibilidade do material, onde quanto maior o teor de FDN menor a digestibilidade (POZAR e ZAGO, 1991; PAIVA et al., 1993). Entretanto, independentemente da combinação consórcios e espaçamentos (Tabela 7), os teores de FDN ficaram abaixo de 60 %. De modo geral, no espaçamento de 0,45 m, devido a maior quantidade de colmos das plantas de sorgo no material a ser ensilado, os valores de FDN foram superiores em relação ao espaçamento de 0,85 m, exceção ao consórcio Sorgo + capim Paiaguás, que com maior quantidade de capim na massa a ser ensilada, teve maior FDN no maior espaçamento.

No espaçamento de 0,45 m os consórcios de sorgo + capim Paiaguás + trigo mourisco e sorgo + capim Paiaguás apresentaram os menores teores de FDN, enquanto que no espaçamento de 0,85 m, os menores teores foram dos consórcios de sorgo + capim Paiaguás + crotalária + trigo mourisco e sorgo + crotalária, com isso pode-se demonstrar que a crotalária, por conta da maior quantidade de hastes possa ter contribuído para o aumento da FDN.

Em relação ao poder tampão (PoT) na análise do desdobramento (Tabela 7), os valores superiores foram obtidos no espaçamento 0,45 m, exceto no consórcio sorgo + capim Paiaguás + crotalária, com maior PoT no espaçamento de 0,85 m. A porcentagem da capacidade do poder tampão, assim como o perfil fermentativo são influenciados pelo teor de proteína do material que foi ensilado (ÁVILA et al., 2006), que no geral foram maiores neste espaçamento de 0,45 m, com maior quantidade de grãos de sorgo na massa a ser ensilada.

Os menores valores de PoT foram verificados no espaçamento de 0,85 m, principalmente, provenientes dos consórcios sorgo + capim Paiaguás e sorgo + capim Paiaguás + crotalária + trigo mourisco, enquanto que, o espaçamento de 0,45 m os maiores valores foram dos consórcios sorgo + capim Paiaguás e sorgo + crotalária.

Visto que nas variáveis anteriores os maiores valores foram no espaçamento de 0,45 m, o teor de carboidratos solúveis (CHOs) foi o contrário, onde os maiores valores foram obtidos no espaçamento 0,85 m. Neste mesmo espaçamento os consórcios sorgo + capim Paiaguás, sorgo + crotalária + trigo mourisco e sorgo + trigo mourisco apresentaram menores valores de carboidratos solúveis (CHOs), enquanto que, no espaçamento de 0,45 m, sorgo + capim Paiaguás + crotalária e sorgo + crotalária apresentaram valores menores quando comparado aos demais consórcios.

Os resultados das análises bromatológicas realizadas na silagem, quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) estão apresentados na Tabela 8.

Os valores de matéria seca (MS) estão abaixo do recomendado, que de acordo com Paiva (1976), silagens de boa qualidade devem ter em torno de 30% a 35% de MS, enquanto para Van Soest (1994), os valores de MS das silagens deveriam ser de pelo menos 30%, pois assim é maior o consumo pelo animal.

O motivo pelos baixos teores de MS pode ser justificado pela colheita precoce das plantas dos consórcios, aos 92 dias após a semeadura, em virtude dos ataques de aves psitacíformes do gênero *Pionus*, conhecidas popularmente como maritacas que estavam reduzindo muito a massa de grãos das plantas de sorgo.

Tabela 8. Médias de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) em silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Tratamentos	MS	PB	FDN	FDA	LIG	CEL	HEM	CZ
----- % na MS -----								
Consórcio (C)								
S+B	25,71	10,33	47,00	33,92	5,44	27,07	13,07	7,67
S+B+C	25,90	11,24	46,96	35,60	5,90	28,28	11,36	6,50
S+B+T	28,53	9,91	44,60	32,75	5,36	25,90	11,84	6,06
S+B+C+T	28,12	10,09	43,90	32,09	5,40	25,42	11,80	5,90
S+C	27,94	11,37	43,99	33,10	5,12	26,60	10,89	5,59
S+C+T	27,10	10,22	45,42	34,48	6,11	27,08	10,95	5,99
S+T	27,04	10,33	45,47	31,38	5,78	24,36	14,09	5,87
Espaçamento (E)								
0,45 m	25,55	11,12	47,22	34,70	5,90	27,52	12,51	6,88
0,85 m	28,83	9,87	43,45	31,96	5,28	25,25	11,49	5,62
Teste F								
p valor (C)	<0,0001**	<0,0001**	0,0005**	0,0057**	0,0007**	0,0054**	0,0003**	<0,0001**
p valor (E)	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	0,0097**	<0,0001**
p valor (C x E)	<0,0001**	0,0002**	<0,0001**	0,0006**	<0,0001**	0,0015**	0,0010**	<0,0001**
Média Geral	27,19	10,50	45,33	33,33	5,59	26,39	12,00	6,22
CV (%)	3,31	4,18	3,49	6,41	7,88	7,16	11,77	3,30

Sorgo + BRS Paiaguás (S+B), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária (S+B+C), Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco (S+B+T), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco (S+B+C+T), Sorgo + Crotalária (S+C), Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco (S+C+T), Sorgo + Trigo Mourisco (S+T). ** significativo a 1%. Fonte: Dados do próprio autor.

As silagens com alto teor de umidade podem resultar em prejuízos ao produtor, devido ao aumento de produção, ou seja, a quantidade de forragem colhida se difere na quantidade em relação ao produto final (silagem). Os gastos com o preparo da área, plantio, adubação, tratos, colheita, transporte, confecção do silo, compactação e vedação vão ser maiores por conta das perdas de nutrientes, reduzindo a qualidade final do material ensilado (SANTOS et al., 2008).

A colheita das plantas de sorgo para a confecção da ensilagem foi realizada no momento que os grãos de sorgo estavam no estágio de leitoso para pastoso, este ocorrido pode ter interferido no baixo teor de MS advindos das análises bromatológicas.

A fermentação da silagem provoca alterações na composição das frações nitrogenadas e diminui o teor de proteína bruta (OSHIMA e MCDONALD, 1978), resultando redução no teor de proteína apresentado no presente trabalho (Tabelas 6 e 8), ao se comparar com os valores obtidos no momento da ensilagem e após o processo fermentativo. O baixo teor de proteína também por ter ocorrido em função da produção de efluentes, mesmo assim, os teores de PB permaneceram acima do valor considerado ideal por Van Soest (1994), de 7%, pois alimentos abaixo de 7% limitam a digestão, por conta dos baixos níveis de N para os microrganismos do rúmen.

A determinação das variáveis de frações fibrosas é importante no que se refere a caracterização do valor nutritivo e a qualidade das silagens, pois tanto o teor de fibra em detergente neutro (FDN) quanto o de fibra em detergente ácido (FDA) são negativamente correlacionados com a digestibilidade da MS e seu consumo (RESTLE et al., 2000; Van SOEST, 1994). Ainda de acordo com Van Soest (1994), o teor de FDN é o fator que mais limita o consumo voluntário de alimento volumoso para animais, e valores acima de 60% na MS interferem de forma direta na ingestão da silagem.

Em relação ao FDA, de acordo com Van Soest (1994), os teores devem estar em torno de 30% a 40%, pois acima destas porcentagens limites, haverá presença de substâncias pouco aproveitadas pelos animais como lignina (LIG) e celulose (CEL). Valores de FDN abaixo de 60% favorecem o consumo de matéria seca da dieta, além de atender a demanda do animal e garantir bom funcionamento do trato gastrointestinal com taxa de passagem mais acelerada do alimento (Qiu et al., 2003; Fernandez et al., 2004)..

Os valores das fibras obtidas do material vegetal da silagem estão abaixo de 60% na FDN, sendo os de FDA abaixo de 40%, na média, de 33,33% na MS e (Tabela 8), ambos os teores como já citados estão dentro do valor considerado como adequado para uso na alimentação de ruminantes.

Na Tabela 9 encontram-se os desdobramentos (consórcios x espaçamentos) para teor de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), em que no espaçamento de 0,45 m, os consórcios sorgo + capim Paiaguás + crotalária (26,12%), sorgo + capim Paiaguás + trigo mourisco (27,82%), sorgo + crotalária (26,31%) e sorgo + capim Paiaguás + trigo mourisco (26,91%) proporcionaram teores de MS superiores aos demais consórcios. Enquanto que, no espaçamento de 0,85 m, o consórcio que propiciou maior valor de matéria seca foi de sorgo + capim Paiaguás + crotalária + trigo mourisco (31,25%), valor este que foi superior aos demais tratamentos neste espaçamento e também em relação ao espaçamento de 0,45 m. Independentemente do consórcio, de modo geral, os maiores teores de MS foram constatados no espaçamento de 0,85

m, exceto nos consórcios sorgo + capim Paiaguás + crotalária e sorgo + crotalária + Trigo Mourisco (Tabela 9). O maior espaçamento possui os maiores valores de matéria seca pois há a presença de mais colmos de sorgo comparado ao menor espaçamento, com isso, maior quantidade de fibras que aumentam o teor de matéria seca.

Tabela 9. Desdobramento das interações significativas entre espaçamentos x consórcios para teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
MS		
Sorgo + BRS Paiaguás	21,76 cB	29,67 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	26,12 aA	25,68 dA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	27,82 aB	29,24 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	24,99 bB	31,25 aA
Sorgo + Crotalária	26,31 aB	29,58 bA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	26,91 aA	27,29 cA
Sorgo + Trigo Mourisco	25,00 bB	29,08 bA
PB		
Sorgo + BRS Paiaguás	11,11 bA	9,55 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	11,58 bA	10,90 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	10,27 cA	9,55 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	10,85 cA	9,34 bB
Sorgo + Crotalária	12,73 aA	10,01 bB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	10,57 cA	9,87 bB
Sorgo + Trigo Mourisco	10,78 cA	9,89 bB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Em relação à proteína bruta (PB) nas silagens, os maiores teores foram verificados no espaçamento de 0,45 m (mais grãos na massa ensilada), com destaque para o consórcio de sorgo + crotalária (12,73%), assim, a adição de uma leguminosa como a crotalária no consórcio, é uma boa opção em razão das suas qualidades nutricionais (GARCIA et al., 2016; PASCOALOTO et al., 2017), pois estas espécies promovem o incremento nos teores de proteína no material a ser ensilado e a partir do momento que é incluído outra planta no consórcio por conta da competição o teor de PB é reduzido como se pode ser observado no presente trabalho. O maior espaçamento apresentou o maior valor de PB (10,90%) no consórcio de sorgo + capim Paiaguás + crotalária, por conta da maior incidência de radiação luminosa favorecendo o crescimento e desenvolvimento do capim em conjunto com a leguminosa em consórcio com o sorgo.

No desdobramento das interações consórcios x espaçamentos para teores de FDN das silagens (Tabela 10), o espaçamento de 0,45 m proporcionou maior concentração desta fibra no consórcio de sorgo + capim Paiaguás (50,05%) e sorgo + trigo mourisco (49,84%), enquanto

no maior espaçamento (0,85 m), os consórcios de sorgo + capim Paiaguás + crotalária (47,19%) e sorgo + capim Paiaguás + trigo mourisco (45,05%) apresentaram os maiores teores de FDN na MS. Com mais plantas daninhas, capim e plantas de cobertura, de modo geral, os teores de FDN foram menores no espaçamento de 0,85 m, com exceção aos consórcios sorgo + capim Paiaguás + Crotalária e sorgo + capim Paiaguás + Trigo Mourisco. Entretanto, os valores superiores de FDN na MS advindos dos consórcios, independentemente dos espaçamentos entrelinhas do sorgo se encontram abaixo de 60%, que de acordo com Van Soest (1994), este valor é considerado como adequado para uma boa digestibilidade do alimento volumoso pelos ruminantes.

Tabela 10. Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
FDN		
Sorgo + BRS Paiaguás	50,05 aA	43,94 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	46,73 bB	47,19 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	44,14 cA	45,05 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	46,54 bA	41,26 bB
Sorgo + Crotalária	45,53 cA	42,45 bB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	47,69 bA	43,16 bB
Sorgo + Trigo Mourisco	49,84 aA	41,10 bB
FDA		
Sorgo + BRS Paiaguás	36,15 aA	31,69 cB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	34,40 aA	36,80 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	32,39 aA	33,12 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	35,80 aA	28,38 cB
Sorgo + Crotalária	35,10 aA	31,09 cB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	35,34 aA	33,61 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	33,74 aA	29,03 cB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Van Soest (1994) determinou que para o material apresentar boa qualidade e alta digestibilidade, o teor de fibra em detergente ácido (FDA) deve estar abaixo de 40%, e os valores obtidos nos desdobramentos de consórcios e espaçamentos (Tabela 10) encontram-se abaixo deste limite. No espaçamento de 0,45 m, os consórcios não diferiram para o teor de FDA, enquanto que, no espaçamento maior de 0,85 m, o consórcio sorgo + capim Paiaguás + crotalária propiciou a silagem com maior teor de FDA (36,80%), entretanto, os valores de ambos os espaçamentos estão abaixo do nível limitante, melhorando o consumo e a digestibilidade do alimento volumoso pelos animais. Assim como a FDN, a FDA foi menor no espaçamento de 0,85 m, com exceção aos consórcios sorgo + capim Paiaguás + Crotalária,

sorgo + capim Paiaguás + Trigo Mourisco, sorgo + capim Paiaguás + Crotalária e sorgo + crotalária + Trigo Mourisco, similar entre os espaçamentos.

Seguindo o mesmo padrão das fibras (FDN e FDA), o menor espaçamento de 0,45 m proporcionou maiores valores de lignina (LIG) (Tabela 11), destacando-se os consórcios de sorgo + capim Paiaguás + crotalária + trigo mourisco (6,17%), sorgo + crotalária + trigo mourisco (6,31%) e sorgo + trigo mourisco (6,89%). Em relação ao espaçamento de 0,85 m, os maiores valores foram verificados nos consórcios de sorgo + capim Paiaguás + crotalária (6,13%) e sorgo + crotalária + trigo mourisco (5,91%) valores estes superiores aos demais tratamentos do mesmo espaçamento.

Tabela 11. Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de lignina (LIG) e celulose (CEL) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
LIG		
Sorgo + BRS Paiaguás	5,61 bA	5,27 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	5,67 bA	6,13 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	5,33 bA	5,40 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	6,17 aA	4,62 cB
Sorgo + Crotalária	5,33 bA	4,92 cA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	6,31 aA	5,91 aA
Sorgo + Trigo Mourisco	6,89 aA	4,70 cB
CEL		
Sorgo + BRS Paiaguás	29,14 aA	25,00 cB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	27,22 aA	29,35 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	25,62 bA	26,17 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	28,41 aA	22,44 cB
Sorgo + Crotalária	28,58 aA	24,62 cB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	27,95 aA	26,21 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	25,75 bA	22,96 cB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Quanto aos teores de celulose (CEL), como na lignina, o espaçamento de 0,45 m apresentou maiores valores nas silagens (Tabela 11), principalmente advindas do consórcio de sorgo + capim Paiaguás (29,14%); sorgo + capim Paiaguás + crotalária (27,22%); sorgo + capim Paiaguás + crotalária + trigo mourisco (28,41%); sorgo + crotalária (28,58%) e sorgo + crotalária + trigo mourisco (27,95%). No maior espaçamento, o maior teor de CEL dos consórcios foi constatado na combinação sorgo + capim Paiaguás + crotalária (29,35%).

Para os teores de hemicelulose (HEM), o espaçamento de 0,85 m proporcionou maiores teores no consórcio quádruplo (Tabela 12), entretanto, nos consórcios sorgo + Crotalária +

Trigo Mourisco e Sorgo + Trigo Mourisco, os maiores teores de hemicelulose foram constatados no menor espaçamento (0,45 m). Fixando-se os espaçamentos, em 0,85 m, os consórcios de sorgo + capim Paiaguás + Crotalária (10,38%); sorgo + crotalária + trigo mourisco (9,54%) apresentaram, significativamente, os menores teores de HEM, em relação aos demais consórcios. Enquanto que, no espaçamento de 0,45 m, apenas o consórcio sorgo + trigo mourisco (16,10%) foi superior aos demais.

Em relação ao teor de cinzas (CZ), o espaçamento de 0,45 m apresentou maior valor no consórcio de sorgo + capim Paiaguás (9,59 %), enquanto que no espaçamento de 0,85 m, o maior valor (6,16 %) foi constatado no consórcio de sorgo + capim Paiaguás + crotalária (Tabela 12). Em todos os consórcios, no espaçamento de 0,45 m, os maiores teores de cinzas foram obtidos no espaçamento de 0,85 m, resultado similar aos teores de fibras (Tabela 10) e lignina (Tabela 11).

Tabela 12. Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios para os teores de hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
HEM		
Sorgo + BRS Paiaguás	13,90 bA	12,25 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	12,34 cA	10,38 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	11,76 cA	11,93 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	10,73 cB	12,87 aA
Sorgo + Crotalária	10,43 cA	11,35 aA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	12,35 cA	9,54 bB
Sorgo + Trigo Mourisco	16,10 aA	12,07 aB
CZ		
Sorgo + BRS Paiaguás	9,59 aA	5,75 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	6,84 bA	6,16 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	6,26 cA	5,86 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	6,64 bA	5,16 cB
Sorgo + Crotalária	5,85 dA	5,33 cB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	6,35 cA	5,62 bB
Sorgo + Trigo Mourisco	6,28 cA	5,47 cB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores de EE estão em torno ou abaixo de 6 a 7%, com média de 4,22% (Tabela 13), valores estes considerados limites por Silva et al (2014) e NRC (2001), pois teores de gordura acima dessa faixa, podem resultar em distúrbios digestivos e redução do consumo do alimento pelos efeitos deletérios nos microrganismos ruminais. A porcentagem de extrato etéreo (EE) se refere a fração gordurosa da silagem e fornece até 2,25 vezes mais energia que os carboidratos e proteínas (SILVA et al., 2014) aumentando também a eficiência alimentar e podendo reduzir

a emissão de gases pelos animais (IVAN et al., 2013). As gorduras que são extraídas para a determinação de extrato etéreo não são constituídas apenas por ácidos graxos, mas também por todos os compostos que possam ser extraídos pelo solvente apolar utilizado.

Uma boa parte dos compostos nitrogenados dos alimentos volumosos encontram-se ligados a parede celular na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro, mas solúvel em detergente ácido, é digestível, porém, de lenta degradação no rúmen dos animais, enquanto que o nitrogênio retido de forma de NIDA é praticamente indigestível e está geralmente associado à lignina e a outros compostos de difícil degradação (Van SOEST, 1994). Na tabela 13 se encontra as médias, onde os teores de NIDA e NIDN não houve efeito dos consórcios, porém, os teores de EE, pH, N-NH³/NT, D e CHOs obteve desdobramento.

Tabela 13. Médias de extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH³/NT), digestibilidade (D), carboidratos solúveis totais (CHOs). Selvíria, MS, 2021.

Tratamentos	EE	NIDN	NIDA	pH	N-NH ₃ /NT	D	CHOs
			----- % na MS -----				
Consórcio (C)							
S+B	4,03	0,21	0,20	3,43	3,97	73,47	77,96
S+B+C	4,55	0,20	0,21	3,45	4,55	72,28	77,69
S+B+T	4,10	0,20	0,20	3,33	3,09	73,31	79,92
S+B+C+T	4,16	0,18	0,20	3,28	3,24	74,68	79,83
S+C	4,09	0,17	0,19	3,37	3,62	73,18	78,94
S+C+T	4,18	0,20	0,20	3,26	3,23	72,94	79,59
S+T	4,41	0,21	0,19	3,30	3,79	72,39	79,36
Espaçamento (E)							
0,45 m	4,43	0,20	0,20	3,38	4,16	73,83	77,60
0,85 m	4,01	0,19	0,20	3,31	3,12	72,53	80,48
Teste F							
<i>p</i> valor (C)	0,0118*	<0,0001**	0,2310 ^{ns}	<0,0001**	<0,0001**	0,0007**	<0,0001**
<i>p</i> valor (E)	<0,0001**	<0,0001**	0,9380 ^{ns}	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
<i>p</i> valor (C x E)	<0,0001**	0,0638 ^{ns}	0,3600 ^{ns}	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
Média Geral	4,22	5,07	0,20	3,34	3,64	73,18	79,04
CV (%)	7,15	0,20	8,42	1,21	8,91	1,37	0,63

Sorgo + BRS Paiaguás (S+B), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria (S+B+C), Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco (S+B+T), Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalaria + Trigo Mourisco (S+B+C+T), Sorgo + Crotalaria (S+C), Sorgo + Crotalaria + Trigo Mourisco (S+C+T), Sorgo + Trigo Mourisco (S+T). ** e * *significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente.* ^{ns} não significativo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados do próprio autor.

A fermentação ruminal é influenciada de forma direta pela concentração total de carboidratos na dieta (MELLO e NORNBERG, 2004). De acordo com Van Soest (1994), os valores de carboidratos solúveis totais (CHOs) devem ser de 50 a 80% da MS da silagem, portanto, os valores obtidos nas silagens (Tabela 13 e 15) encontram-se dentro da faixa recomendada para que as silagens tenham adequada fermentação e aproveitamento do alimento pelos animais.

Houve interação significativa entre os consórcios e espaçamentos para os teores de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3/NT$), digestibilidade (D), carboidratos solúveis totais (CHOT) e pH das silagens de sorgo (Tabela 13).

Ao analisar o desdobramento do teor de EE (Tabela 14), os maiores teores de gordura nas silagens foram obtidos no consórcio sorgo + trigo mourisco (5,73 %) em combinação com o menor espaçamento de 0,45 m, enquanto que, no mesmo espaçamento, o menor valor foi de 2,99% no consórcio de sorgo + capim Paiaguás. O consórcio que proporcionou maior teor de EE no espaçamento 0,45 m, foi o tratamento com menor valor no espaçamento 0,85 m (3,10 %), enquanto que o tratamento com maior EE, no maior espaçamento, foi o do consórcio de sorgo + capim Paiaguás + trigo mourisco (5,61 %).

Tabela 14. Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios no teor de extrato etéreo (EE) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
EE		
Sorgo + BRS Paiaguás	2,99 eB	5,08 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	3,50 dB	5,61 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	4,61 cA	3,58 cB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	4,62 cA	3,70 cB
Sorgo + Crotalária	4,50 cA	3,69 cB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	5,07 bA	3,30 dB
Sorgo + Trigo Mourisco	5,73 aA	3,10 dB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

No desdobramento consórcios x espaçamentos para teores de N amoniacal ($N-NH_3/NT$) (Tabela 15), verifica-se que no espaçamento 0,45 m foram obtidos os maiores teores de $N-NH_3/NT$ quando comparado ao espaçamento de 0,85 m.

A silagem advinda do consórcio de sorgo + capim Paiaguás + crotalária (3,33%); sorgo + crotalária + trigo mourisco (3,53%) e sorgo + trigo mourisco (3,62%), no espaçamento de 0,85 m proporcionaram os maiores teores de $N-NH_3/NT$. No espaçamento de 0,45 m, a silagem do consórcio de sorgo + capim Paiaguás + crotalária (5,77%) foi a que se destacou com maior teor de $N-NH_3/NT$, enquanto que a de menor valor foi proporcionada pelo consórcio sorgo + crotalária + trigo mourisco (2,92%). O alto $N-NH_3/NT$ é indicativo da degradação da proteína durante o processo de fermentação da ensilagem (MACEDO et al., 2017) e por conta disso, níveis de amônia acima de 20% resultam em silagem mal preservada e a presença de bactéria do gênero *Clostridium*.

A formação de amônia no processo de ensilagem, inibe o consumo da silagem, apresenta menor eficiência na utilização do N para a produção de proteína pelos microrganismos do rúmen, altera o curso da fermentação, impedindo a rápida redução do pH do material que foi ensilado (TOMICICH et al., 2003). Portanto, os valores de N-NH₃/NT obtidos das silagens, resultaram em valores abaixo de 6%, o que tudo indica que a reduzida degradação da PB, resulta em um adequado processo de ensilagem e armazenamento.

Em relação aos valores de pH (Tabela 15), os valores obtidos foram similares aos determinados por McDonald et al (1991) e Ferreira (2001) para uma silagem bem conservada e de boa qualidade entre 3,8 e 4,2. De acordo com França et al (2011), os valores de pH que estão acima de 4,2 indicam altas proteólise e a produção de ácido butírico.

Tabela 15. Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios nos teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT) e potencial hidrogeniônico (pH) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
N-NH₃/NT		
Sorgo + BRS Paiaguás	5,18 bA	2,76 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	5,77 aA	3,33 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	3,33 dA	2,84 bB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	3,61 dA	2,87 bB
Sorgo + Crotalária	4,34 cA	2,90 bB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	2,92 eB	3,53 aA
Sorgo + Trigo Mourisco	3,97 cA	3,62 aB
pH		
Sorgo + BRS Paiaguás	3,48 bA	3,38 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	3,57 aA	3,33 aB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	3,36 cA	3,30 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	3,30 dA	3,26 bA
Sorgo + Crotalária	3,43 bA	3,30 aB
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	3,26 dA	3,26 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	3,28 dB	3,33 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Os valores de pH (Tabela 15) indicaram que no espaçamento 0,85 m, os consórcios de sorgo + capim Paiaguás (3,38); sorgo + capim Paiaguás + crotalária (3,33); sorgo + capim Paiaguás + trigo mourisco (3,30); sorgo + crotalária (3,30) e sorgo + trigo mourisco (3,33), foram os maiores neste espaçamento, mas com diferenças muito pequenas aos demais. No menor espaçamento de 0,45 m, o maior valor de pH foi no consórcio sorgo + capim Paiaguás + crotalária (3,57).

Os resultados do desdobramento para digestibilidade da matéria seca (Tabela 16), indicam que no espaçamento 0,45 m, as silagens apresentaram maiores valores quando

comparados ao espaçamento 0,85 m. Dentro do menor espaçamento destaca-se negativamente o consórcio sorgo + Trigo Mourisco (69,15 %), enquanto que no espaçamento de 0,85 m os destaques positivos foram os consórcios sorgo + capim Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco (76,59 %) e sorgo + Trigo Mourisco (75,64 %), corroborando os menores teores de FDA nestes mesmos tratamentos (Tabela 10).

A digestibilidade, de acordo com Teixeira (1997), é uma estimativa da capacidade do alimento em permitir que o animal utilize seus nutrientes, em menor ou maior escala, influenciada pelo tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal. Segundo Paiva (1976) e Borges (1995), silagens com digestibilidade entre 40 e 55 % podem ser classificadas como satisfatórias, e em torno de 55 a 65%, são classificadas como silagens de boa qualidade.

No presente trabalho, a digestibilidade foi em média de 73,18 % (Tabelas 13 e 15), caracterizando como alimento volumoso de qualidade a ser oferecido aos animais em sistemas de produção.

Tabela 16. Desdobramento das interações significativas entre espaçamento x consórcios nos teores de digestibilidade (D) e carboidratos solúveis totais (CHOs) nas silagens de sorgo. Selvíria, MS, 2021.

Consórcios	Espaçamento	
	0,45 m	0,85 m
D		
Sorgo + BRS Paiaguás	73,22 aA	73,72 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	72,71 aA	71,86 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	73,87 aA	72,75 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	72,77 aB	76,59 aA
Sorgo + Crotalária	72,98 aA	73,37 bA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	72,99 aA	72,89 bA
Sorgo + Trigo Mourisco	69,15 bB	75,64 aA
CHOs		
Sorgo + BRS Paiaguás	76,30 dB	79,61 bA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária	78,07 bA	77,32 cB
Sorgo + BRS Paiaguás + Trigo Mourisco	78,84 aB	80,99 aA
Sorgo + BRS Paiaguás + Crotalária + Trigo Mourisco	77,88 bB	81,78 aA
Sorgo + Crotalária	76,91 cB	80,97 aA
Sorgo + Crotalária + Trigo Mourisco	77,99 bB	81,20 aA
Sorgo + Trigo Mourisco	77,20 cB	81,53 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

No desdobramento da interação dos fatores espaçamento x consórcio para o teor de CHOs, observa-se os maiores valores no espaçamento de 0,85 m. No espaçamento de 0,45 m, o consórcio que se destacou foi o de sorgo + capim Paiaguás + trigo mourisco (78,84 %), e no espaçamento de 0,85 m, apenas os consórcios sorgo + capim Paiaguás (79,61%) e sorgo + capim Paiaguás + crotalária (77,32%) foram inferiores aos demais tratamentos. Importante ressaltar

que os menores valores de CHOs, no respectivo espaçamento, foram superiores ou semelhantes aos maiores valores de CHOs em 0,45 m.

6. CONCLUSÃO

O espaçamento de 0,45 m entre as linhas de sorgo proporcionou silagens advindas do seus respectivos consórcios com o produto final de maior qualidade comparado ao espaçamento de 0,85 m.

O consórcio do sorgo granífero com a *Crotalaria ochroleuca* exclusivamente ou combinada com capim Paiaguás resultou em silagens com melhores parâmetros bromatológicos resultando em uma silagem de boa qualidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC. Technical committee on responses to nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs. **Nutrient Abstract Review**, Ser. B. v.57, p 713-736, 1987.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; et al. eds. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. p.59-79.
- ALVARENGA, M. C. V. **Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, em carneiros**. 1994. 82f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.
- ALVES, E. M.; PEDREIRA, M. S.; AGUIAR, L. V.; COELHO, C. P.; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, A. M. P. Silagem de sorgo com e sem tanino em substituição à silagem de milho na alimentação de ovinos: desempenho e características de carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, p. 157-164, 2012.
- AMELCHANKA S.L.; KREUZER M.; LEIBER F. Utility of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) as feed: Effects of forage and grain on in vitro ruminal fermentation and performance of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, 155, 111–121, 2010.
- ANDRIGUETTO, J. M et al, **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, v. 1. 395p, 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington, v. 2, 1995. 474p.
- ÁVILA, C.L.S; PINTO, J.C e TAVARES, V.B. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3), 648-654, 2006.
- BARROCAS, G.E.G.; TANURE, J.P.M.; GOMES, R.C. Análises bromatológicas para determinação da qualidade nutricional de forrageiras? Compêndio de POPs. **Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E)**, 2017.
- BORGES, A.L.C.C. **Qualidade de silagens de genótipos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.
- CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135p.
- CARVALHO, A. M. de.; BUSTAMANTE, M, M, C.; ALCANTARA, F. A de.; et al. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 101, p. 100-107, 2009.
- COSTA, N.R.; et al. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência Agronômica**, v. 9, p. 166-73, 2014.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 818-829, 2015.
- COSTA, Patrícia Monteiro. **Consórcio capim-braquiária, milho e leguminosas: produtividade, qualidade das silagens e desempenho animal**. 2011.
- CRUSCIOL, C. A. C.; et al. An Innovative Crop Forage Intercrop System: Early Cycle Soybean Cultivars and Palisade grass. **Agronomy Journal**, v. 104, p. 1085-1095, 2012.
- EPIFANIO, P. S.; COSTA, K. A. P.; GUARNIERI, A.; TEIXEIRA, D. A. A.; OLIVEIRA, S. S.; SILVA, V. R. Silage quality of *Urochloa brizantha* cultivars with levels of campo grande *Stylosanthes*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.38, p. 135-142, 2016.
- FARIA, V.P. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 323-348

- FERNADEZ, I.; NOZIERE, P e MICHALET-DOREAU, B . **Site and extent of starch digestion of whole-plant maize silages differing in maturity stage and chop length, in dairy cows.** *Livestock Production Science*, (89), 47-157, 2004.
- FERREIRA, J.J. **Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo.** In: Cruz, J.C.; Pereira Filho, I.A.; Rodrigues, JAS. et al. (2001) (Eds.) *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 405-428, 2001.
- FRANÇA, A.F.D.S; OLIVEIRA, R.D.P; MIYAGI, E.S; DA SILVA, A.G e PERÓN, H.J.M.C. **Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio.** *Ciência Animal Brasileira*, 12(3), 383-391, 2011.
- GARCIA, C. M. P.; et al. Wet and dry maize yield under intercrop cultivation with marandu grass and/or dwarf pigeon pea and nutritional value of the marandu grass in succession. *Australian Journal Crop Science*, v. 10, p. 1564–1571, 2016.
- GIACOMINI, S.J. **Consortiação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto.** 2001. (Dissertação de Mestrado) - Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 124p.
- GOBETTI, S. T. C.; NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M. R.; OLIBONI, R. **Produção e utilização da silagem de planta inteira de soja (Glicinemax) para ruminantes.** *Ambiência*, v. 7,n. 3, 2011.
- GORGEN, A.V. **Produtividade e qualidade da forragem de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.BR) e de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*. Moench) cultivado no cerrado.** Brasília, DF, 2013. 14p.
- IVAN, M.; PETIT, H.V.; CHIQUETTE, J e WRIGHT, A.D.G. **Rumen fermentation and microbial population in lactating dairy cows receiving diets containing oilseeds rich in C-18 fatty acids.** *British Journal Nutrition* 109(07): 1211-1218, 2013.
- JUNQUEIRA, Rodrigo Modesto. DISSERTAÇÃO. In: JUNQUEIRA, Rodrigo Modesto. **Consórcio de Guandu e Milho Cultivados para a Produção de Forragem em Sistema Orgânico.** 2018. Dissertação (Pós Graduação em Agricultura Orgânica) - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO DE AGRONOMIA, [S. l.], 2018.
- KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J. et al. *Integração Lavoura-Pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 131-141.
- KRAMBERGER, B.; GSELMAN, A.; JANZEKOVIC, M.;et al. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. *European Journal of Agronomy*, v.31, p.103-109, 2009.
- LANES, E.C.M. et al. Como evitar perdas na ensilagem do milho. *Revista eletrônica de Veterinária*. v. IX, p. 1695-7504, 2008.
- LIMA, J. A. et al. Silagem de soja na terminação de ovinos Texel: Ganho de peso, consumo e digestibilidade. In: 47ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador. *Anais...* Salvador/UFBA: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010. (CD ROM).
- LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília, DF: Embrapa. 2014.
- MACÊDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S e PERAZZO, A.F. **Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura.** *Revista Electrónica de Veterinaria*,(18)9, 1-11, 2017.
- MACHADO, F.S *et al.* Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, p. 711-720, 2012.
- MATEUS, P, M.; et al. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. *Agronomy Journal*, v.108, p. 433-447, 2016.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R e HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications. 340p, 1991.

MELLO, R.; NORBERG, J.L. **Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol**. *Ciência Rural*, 34(5), 1537-1542, 2004.

MROGINSKI, R. A. **Qualidade bromatológica e produção de biomassa de milho silagem em diferentes sucessões culturais de inverno**. UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, Ijuí, 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p

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

OSHIMA, M. e McDONALD, P. **A review of changes in nitrogenous compounds in herbages during ensiling**. *J. Sci. Food Agric.*, (29), 497-505, 1978.

Ott, L.C.; Junior, J.S.; Bortolini, F.; Silva, J.L.S.; Rosa, P.P.; Pinheiro, L.; Lourenço, L.A e Rosler, D.C (2018). Avaliação agrônômica de genótipos de sorgo para a produção de silagem. *Revista eletrônica de veterinária*, 19(5).

PAIVA, L.E.; ANDRADE, M.A e NDRADE, LAB. **Influência da adubação nitrogenada, espaçamento e densidades na produção de matéria seca e qualidade da silagem de milho**. *Ciência prática*, 17(4), 370-376, 1993.

PAIVA, J.A.J. **Qualidade do sorgo da região metalúrgica de Minas Gerais**. 83f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1976.

PARIZ, C, M.; et al. Production, nutrient cycling and soil compaction to grazing of grass companion cropping with corn and soybean. **Nutrient Cycling In Agroecosystems**, v. 108, n. 1, SI, p. 35-54, 2017.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BUZZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F.A.; ULIAN, N.A.; FURLAN, L.C.; MEIRELLES, P.R.L. & CAVASANO, F.A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in na integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2029- 2037, 2011.

PASCOALOTO, I.M.; ANDREOTTI, M.; CRUZ, S.S.; SABBAG O.J.; BORGHI, E.; LIMA,G.C e MODESTO, V.C. **Economic analysis of sorghum consortia with forages or with dwarf pigeon pea succeeded by soybean or corn**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(10), 833-840, 2017.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, C. S. Influência de culturas de safrinhas em sucessão à cultura do milho (*Zea mays* L.) no sistema plantio direto sobre a resistência à penetração do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 29, n. 2, p. 27-31, 1999.

PECHOTO, Eduardo Augusto Pontes. **Produção de silagem de cultivares de sorgo em consórcio com capins massai ou paiaguás: efeito de competição em materiais de diferentes alturas**. Ilha Solteira, SP: Universidade Estadual Paulista, 2019.

PEIXOTO, A. M., PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **A Planta forrageira no sistema de produção**. In: 17º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Anais ... FEALQ, Piracicaba, 2001.

PEREIRA, F.C.B.L.; et al. Autumn maize intercropped with tropical forages: crop residues, nutriente cycling, subsequent soybean and soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-20, 2016.

PEREIRA, L.E.T. *et al.* **Tecnologias para conservação de forragens: fenação e ensilagem**. Grupos de Estudos em Forragicultura e Pastagem, 2015.

PORTUGAL, JR.; PERES, AR e RODRIGUES, RAF. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: Arf O.; Lemos LB.; Soratto, RP e Ferrari S. (ed.) *Aspectos gerais da cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. Botucatu: FEPAF, 65-75, 2015.

POZAR, G.; ZAGO, C. P (1991). **Influência da densidade de plantio em milho (*Zea mays* L.) sobre a produção de grãos e silagem, e alguns de seus componentes de produção e qualidade.** Capinópolis: Sementes Agroceres, 36p, 1991.

QIU, X ; EASTRIGDE, M.L e WANG, Z. **Effects of corn silage hybrid and dietary concentration of forage NDF on digestibility and performance by dairy cows.** *Journal of Dairy Science*, (86), 3667-3674, 2003.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RESTLE, J.; ROSO, C. e SOARES, A.B. **Produtividade animal e retorno econômico em pastagem de aveia preta mais azevém adubada com fontes de nitrogênio em cobertura.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(2), 357-364, 2000.

REZENDE, G.M.; PIRES, D.A.A.; BOTELHO, P.R.F.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; SALES, E.C.J.; JAYME, D.G.; REIS, S.T.; PIMENTEL, L.R.; LIMA, L.O.B.; KANEMOTO, E.R.; MOREIRA, P.R. Características agrônomicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.2, p.171-179, 2011.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C., Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, 2013.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. **Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, (37), 1555-1563, 2008.

SANTANA, A. P.; CISNEROS, L.; MARTÍNEZ, A.; PASCUAL, S. Conservation and chemical composition of *Leucaena leucocephala* plus fresh or wilted *Pennisetum purpureum* mixed silages. **Revista MVZ Córdoba**, 20, 4895-4906, 2015. doi: 10.21897/rmvz.5.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA F.V.; CARVALHO, Z.G.; SÁ, H.C.M.; OLIVEIRA, L.L.S.; ALVES, D.D.; SILVA, V.L.; SOARES, F.D.S e SANTOS, C.C.R. **Weight gain, carcass and meat traits of ewes finished on pasture with different levels supplementation.** *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 15(1): 206-220, 2014.

SILVA, K. M. J et al. **Consórcio do sorgo com seis diferentes espécies de forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária no Vale do Jequitinhonha.** In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 7, 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2010.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema de semeadura direta. **Ciência Rural**, v.36, p.1011 – 1020, 2006.

SIMÕES DA CRUZ, SANDERLEY. **Produção e qualidade de silagens de sorgo consorciado com forrageiras e/ou guandu-anão em sistema de integração lavoura-pecuária em duas épocas de corte no cerrado.** 2016. Tese (doutorado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2016.

SOUZA NETO, J. M. **Formação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com o milho como cultura acompanhante.** 1993. 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

TEIXEIRA, J.C. **Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes.** Lavras, MG: UFLA/ FAEPE, 327p, 1997.

TILLEY, J. M.; TERRY, R.A.A. Two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. ***Características químicas para avaliação do processo fermentativo: uma proposta para qualificação da fermentação.*** Corumbá: Embrapa Pantanal, 20p, 2003.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994.

WOOLFORD, M.K. ***The silage fermentation*** New York: Marcel Dekker, 305p, 1984.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p. 59-168.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M; FERREIRA, D.J; OLIVEIRA, J.S; ALMEIDA, J.C.C. e PEREIRA, O.G. **Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo.** *Archivos de Zootecnia*, 55(209), 75-84, 2006.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A N.; ALMEIDA, R. G. **Recuperação de pastagens degradadas.** In: CURSO DE CAPACITAÇÃO DO PROGRAMA ABC, 2011, Brasília. Apostila. Brasília: MAPA; Embrapa, 2011. 47 p.