



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AGROESTOLOGIA DO GERGELIM EM COMPARAÇÃO A
ESPÉCIES USUAIS PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM**

Diego Sousa Amorim

BOM JESUS
2017

DIEGO SOUSA AMORIM

**AGROESTOLOGIA DO GERGELIM EM COMPARAÇÃO A
ESPÉCIES USUAIS PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo

Dissertação apresentada ao *Campus* Prof^a. Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de Produção Animal (linha de pesquisa Nutrição e produção de alimentos), para obtenção do título de Mestre.

BOM JESUS
2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

A524a Amorim, Diego Sousa Amorim.
Agroestologia do gergelim em comparação a espécies
usuais para produção de silagem. / Diego Sousa Amorim. –
2017.
60 f

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,
Campus Prof.^a Cinobelina Elvas, Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia, área de Produção Animal (Nutrição e produção
de alimentos), Bom Jesus-Pi, 2017.

Orientação: “Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan”.

1. Silagem - Produção. 2. Valor nutritivo. 3. Fermentação.
4. *Sesamum indicum* L. Título I.

CDD 636.085

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS "PROF. CINOBELINA ELVAS"
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: AGROESTOLOGIA DO GERGELIM EM COMPARAÇÃO A
ESPÉCIES LUSUAS PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

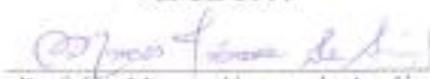
Autor: Diego Sousa Amorim

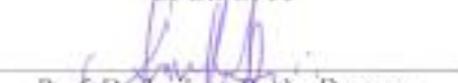
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Lóiola Edvar

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo

Banca Examinadora


Prof. Dr. Ricardo Lóiola Edvar
CPCE/UFPI


Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo
CPCE/UFPI


Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra
CPCE/UFPI


Prof. Dr. Maurílio Souza dos Santos
UESPI

Bom Jesus – PI
2017

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, aos meus pais, Clístens e Marilene, irmãos, Leonilia e Ranna, com amor e estima.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida, por não permitir que eu desistisse no decorrer dessa caminhada, mostrando-me sempre que seria possível conseguir.

À Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À CAPES/FAPEPI, pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de estudos.

À meu orientador Dr. Ricardo Loiola Edvan pela orientação ensinamentos, sugestões e transmissão de experiências profissionais e de vida no decorrer de todo o curso. Mais uma vez, meros agradecimentos seriam insuficientes para exprimir sua grandiosa contribuição na obtenção desse título.

À meu co-orientador Dr. Marcos Jacome Araújo pela co-orientação.

Às pessoas mais importantes da minha vida: Marilene, Clístens, Leonilia, Ranna, Jovenália, Daniela, Clóides, Maria, Gilson, Mardonio, Marcos Antônio, Carlos Sérgio, Gilberto, Naive, Dairan, todos os meus familiares maternos, paternos e amigos.

Aos Colegas e Amigos do Curso de Bacharelado em Zootecnia da UFPI/CPCE, do grupo NUEFO e ALTERNATIVO: Alex Lopes, Sheila Vilarindo, Luciana Viana, Romilda Rodrigues, Aquila Lawrence, Manoel, Lucas Bezerra, José Da Guia, Amauri, Gleidson, Teobaldo, Genilson, Paulo José, Paulo Herrique, que compartilharam essa difícil e gratificante caminhada.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFPI/CPCE, pelos ensinamentos prestados.

A amizade é um tesouro especial que nem o tempo e nem a distância transformam.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para essa conquista.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!!!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Diego Sousa Amorim, filho de Clístens Francisco Amorim e Marilene Pereira de Sousa, nascido na cidade de Curimatá, Estado do Piauí, em 06 de janeiro de 1993.

Em março de 2011, ingressou no curso de graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal do Piauí – UFPI, onde obteve o título de Zootecnista, colando grau em 04 de fevereiro de 2015.

Em março de 2015, ingressou no Mestrado em Zootecnia, na área de concentração em Produção Animal, pela Universidade Federal do Piauí – UFPI, defendendo a dissertação em 16 de fevereiro de 2017.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO GERAL	xiii
ABSTRACT GERAL	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	xv
CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA	17
1 ESPÉCIES FORRAGEIRAS PARA SILAGEM	18
2 CONSERVAÇÃO DE FORRAGEM E QUALIDADE DA SILAGEM	19
3 GERGELIM (<i>Sesamum indicum</i> L.)	20
4 DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i>	21
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO 2. CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GERGELIM EM COMPARAÇÃO A FORRAGEIRAS	
RESUMO	28
1 INTRODUÇÃO	30
2 MATERIAIS E MÉTODOS	31
2.1 Condições locais e desenho experimental	31
2.2 Plantio e colheita	31
2.3 Características de crescimento	32
2.4 Características morfológicas	32
2.5 Características produtivas	32
2.6 Composição química	33
2.7 Delineamento experimental e análise estatística	33
3 RESULTADOS	34
3.1 Características de crescimento	34
3.2 Componentes morfológicas	34
3.3 Características produtivas	35
3.4 Composição química	36
4 DISCUSSÃO	36
4.1 Características de crescimento	36
4.2 Componentes morfológicas	37
4.3 Características produtivas	37
4.4 Composição química	38
5 CONCLUSÕES	40
6 REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 3. PARÂMETROS FERMENTATIVOS, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DA SILAGEM DE GERGELIM EM COMPARAÇÃO A SILAGENS USUAIS	
RESUMO	52
1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1 Considerações éticas, condições locais e desenho experimental	55
2.2 Qualidade fermentativa e perdas	55
2.3 Composição química	57
2.4 Degradabilidade <i>in situ</i>	57
2.5 Desenho estatístico	58
3 RESULTADOS	59
3.1 Qualidade fermentativa e perdas das silagens	59
3.2 Composição química das silagens	59

3.3 Degradabilidade <i>in situ</i>	59
4 DISCUSSÃO.....	60
4.1 Qualidade fermentativa e perdas das silagens.....	60
4.2 Composição química das silagens	61
4.3 Degradabilidade <i>in situ</i>	62
5 CONCLUSÃO	64
6 REFERÊNCIAS	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS	76

LISTA DE TABELAS**CAPITULO II**

	Pag.
Tabela 1- Análise química do solo da área onde foi realizado o plantio das quatro espécies forrageiras em safras (2014 e 2016).	46
Tabela 2- Características de crescimento do gergelim e das espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem em safras.	47
Tabela 3 - Morfologia do gergelim e das espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem em safras.	48
Tabela 4 - Características produtivas do gergelim e das espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem em safras.	49
Tabela 5 - Composição química do gergelim e espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem.	50

CAPÍTULO III

	Pag.
Tabela 1 - Composição química das forrageiras utilizadas na produção de silagem na formulação dos tratamentos e no ensaio de degradabilidade.	69
Tabela 2 - Valores médios de perdas, recuperação da matéria seca (RMS), pH e N-amoniaco da silagem de gergelim em comparação a silagens usuais.	70
Tabela 3 – Composição química da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais utilizadas na formulação dos tratamentos e no ensaio de degradabilidade.	71
Tabela 4 – Parâmetros de degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais, incubadas no rúmen.	72

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO II**

	Pag.
Figura 1 - Dados de precipitação (mm) e temperatura média (°C) durante o período de 11 de janeiro a 21 de abril 2014 e 10 de janeiro a 14 de abril de 2016. Fonte: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep . Estação: 82975 - Bom Jesus, Piauí.	45

CAPÍTULO III

	Pag.
Figura 1 - Desaparecimento da matéria seca (%) da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais.	73
Figura 2 - Desaparecimento da proteína bruta (%) da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais.	74
Figura 3 - Desaparecimento da fibra em detergente neutro (%) da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais.	75

RESUMO GERAL

AMORIM, D.S. Agroestologia do gergelim em comparação a espécies usuais para produção de silagem. 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, 2017.

RESUMO: Objetivou-se avaliar a agroestologia do gergelim em comparação a espécies usuais para produção de silagem. Foram realizados três experimentos: no primeiro foram avaliadas as características de crescimento, morfológicas, produção e composição química das forrageiras utilizando o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por quatro forrageiras e as subparcelas por dois períodos de avaliação (safra 2014 e safra 2016). As forrageiras utilizadas foram: milho, girassol, milho e gergelim. No segundo experimento foram avaliadas as perdas, qualidade fermentativa e composição química das forragens e silagens na safra 2014 utilizando o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro silagens das forrageiras estudadas. As silagens foram feitas em silos experimentais de 3,0 Kg em que a abertura foi realizada após 28 dias. O terceiro experimento avaliou-se a degradabilidade *in situ* utilizando o delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e três repetições. Os animais representavam os blocos e as silagens representavam os tratamentos. Foram utilizados três ovinos adultos da raça Santa Inês com peso corporal médio de $45,0 \pm 4$ kg portando fístula permanente no rúmen, e alojados em baias individuais. Para crescimento o gergelim variou entre as safras para todas as variáveis estudadas. Não houve efeito de interação $P < \text{espécie} \times \text{safra}$ para colmo-caule (g Kg^{-1}) ($P=0,9346$). Milho, gergelim e milho produziram maiores quantidades de folhas ($P < 0,0001$) na safra 2016: 326,3, 301,8 e 212,2 g Kg^{-1} respectivamente. A produção de massa verde ($P=0,0320$) e massa seca ($P=0,0002$) de forragem do milho variaram entre as safras 2014 e 2016 apresentando valores de 58,04 t ha^{-1} , 27,31 t ha^{-1} , 25,53 t ha^{-1} , 7,98 t ha^{-1} respectivamente. Na composição química das forrageiras, o gergelim apresentou 251,70 g Kg^{-1} de MS ($P < 0,0001$). Os teores de CNF ($P=0,0167$) foram semelhantes no milho e gergelim com valores de 159,20 e 153,50 respectivamente. As silagens de milho (3,00 g Kg^{-1}) e gergelim (3,10 g Kg^{-1}) obtiveram menores perdas por gases ($P=0,0256$). A silagem de milho apresentou maior perda por efluentes ($P < 0,0001$). Com relação a pH ($P=0,0002$) as silagens de milho, gergelim e milho foram semelhantes com quantidades de 42,10 g Kg^{-1} , 40,70 g Kg^{-1} e 41,00 g Kg^{-1} . A silagem de gergelim apresentou teores de FDN ($P < 0,0001$) de 627,40 g Kg^{-1} . Os teores de PB ($P < 0,0001$) e EE ($P < 0,0001$) das silagens de girassol (152,60 e 160,40 g Kg^{-1}) e gergelim (101,30 e 130,30 g Kg^{-1}) são maiores que a silagens de milho e milho. A fração solúvel (A) ($P < 0,0001$) da MS na silagem de milho (258,20 g Kg^{-1}) apresentou maior teor seguido das silagens de girassol (218,40 g Kg^{-1}) e gergelim (214,70 g Kg^{-1}). As silagens não diferiram entre si para fração solúvel ($P=0,2083$) da PB e fração A ($P=0,0622$) na FDN. O gergelim e o milho apresentam melhores características de crescimento e de produção para o período com maior irregularidade de precipitação pluvial. A silagem de gergelim apresenta perdas e parâmetros fermentativos semelhantes aos encontrados na silagem de milho e girassol, o que caracteriza uma excelente alternativa para ensilagem. A silagem de gergelim apresenta conteúdo moderado de MS, excelente conteúdo de PB e NDT, baixo teor de lignina. A silagem de gergelim apresenta grande taxa de degradabilidade de MS e foi semelhante ao milho e ao milho que apresentam grande potencial nutritivo para a dieta dos ruminantes.

Palavras-chave: degradação, fermentação, *Sesamum indicum* L., silagem, valor nutritivo

AMORIM, D.S. Agrostology of sesame compared to usual species for silage production. 2017. 76p. Dissertation (Master of Animal Science) - Federal University of Piauí, Bom Jesus, 2017.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the agrostology of sesame in comparison to usual species for silage production. Three experiments were carried out: the first one evaluated growth, morphological and production characteristics as well as chemical composition of the forages using a completely randomized blocks design with split plots arrangement over time, with four replicates. The plots were composed of four forages and the subplots of two evaluation periods (2014's and 2016's harvest). The forages used were: corn, sunflower, millet and sesame. In the second experiment, the losses, fermentation quality and chemical composition of forage and silage of 2014's harvest were evaluated using a completely randomized design with four treatments and four replicates. The treatments consisted of four silages from the forages studied. The silages were made in 3-kg experimental silos which were opened after 28 days. The third experiment evaluated in situ degradability using a completely randomized blocks design with four treatments and three replicates. The animals represented the blocks and the silages represented the treatments. Three adult Santa Inês sheep with mean body weight of 45.0 ± 4 kg with a permanent ruminal fistula, and housed in individual stalls were used. For growth characteristics, the sesame varied among the harvests for all studied variables. There was no interaction effect ($P < \text{species} \times \text{harvest}$) for stem-stem (g kg^{-1}) ($P=0.9346$). Corn, sesame and millet produced higher amounts of leaves ($P < 0.0001$) in the harvest of 2016: 326.3, 301.8 and 212.2 g kg^{-1} respectively. The production of green mass ($P=0.0320$) and dry mass ($P=0.0002$) of forage of corn varied between the harvests of 2014 and 2016, presenting values of 58.04 t ha^{-1} , 27.31 t ha^{-1} , 25.53 t ha^{-1} , 7.98 t ha^{-1} respectively. For chemical composition of forages, sesame presented 251.7 g Kg^{-1} of DM ($P < 0.0001$). The NFC contents ($P=0.0167$) were similar for corn and sesame with values of 159.2 and 153.5 respectively. The silages of millet (3.0 g Kg^{-1}) and sesame (3.1 g kg^{-1}) obtained lower losses through gases ($P=0.0256$). Millet silage presented higher losses by effluent ($P < 0.0001$). Regarding to pH ($P=0.0002$) the silages of corn, sesame and millet were similar presenting amounts of 42.1 g kg^{-1} , 40.7 g kg^{-1} and 41.0 g kg^{-1} . The sesame silage presented NDF contents ($P < 0.0001$) of 627.4 g Kg^{-1} . The contents of CP ($P < 0.0001$) and EE ($P < 0.0001$) of sunflower silages (152.6 and 160.4 g kg^{-1}) and sesame (101.3 and 130.3 g kg^{-1}) were higher than corn and millet silages. The soluble fraction (A) ($P < 0.0001$) of DM in corn silage (258.2 g Kg^{-1}) presented higher content followed by sunflower (218.4 g Kg^{-1}) and sesame (214.7 g Kg^{-1}). The silages did not differ for soluble fraction ($P=0.2083$) of CP and fraction A ($P=0.0622$) in NDF. Sesame and millet present better growth and production characteristics for the period with more irregularity of rainfall. Sesame silage presents losses and fermentation parameters similar to those found in corn and sunflower silage, which is an excellent alternative for ensiling. Sesame silage presents moderate DM content, excellent content of CP and TDN, and low lignin content. Sesame silage presents a high degradability rate of DM and was similar to corn and millet which present great nutritional potential for ruminant diet.

Key-words: degradability, fermentation, nutritive value, *Sesamum indicum* L., silage

INTRODUÇÃO GERAL

A criação de animais em pastagem é fundamental para pecuária dos trópicos. No nordeste brasileiro parte do ano existe condições favoráveis para criação dos animais a pasto, com temperatura tolerável, disponibilidade de chuva para a produção de pastagens e radiação que garantem elevados índices produtivos das gramíneas. Contudo, na época da seca o aumento da temperatura e escassez de chuvas limitam o crescimento vegetal, e uma maneira de evitar a falta de alimento para os rebanhos é a conservação de forragem na forma de silagem, para isso é necessário mais estudos com espécies forrageiras.

O milho é a planta mais indicada para ensilar, pois tem grande produtividade quando atendida suas exigências. Apresenta uma boa produção de matéria seca e elevado valor nutritivo (POSSENTI et al., 2005). O girassol, por sua vez, tem sido muito utilizado na alimentação animal também como silagem sendo uma alternativa para os pecuaristas. Esta espécie é caracterizada por apresentar maior resistência ao frio e ao calor que a maioria das culturas, além de apresentar ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, sendo capaz de tolerar períodos secos e produzir grande quantidade de matéria seca (BORGES et al., 2012).

Outra espécie de interesse no nordeste é o milheto, pode ser mais tolerante a seca que o milho. O milheto possibilita a rotação entre produção de grãos e produção animal, constituindo uma das formas de integração agricultura/pecuária (BERGAMASCHINE et al., 2011). Já o gergelim (*Sesamum indicum* L.), é uma espécie que responde bem no semiárido com boa produção, porém não existem pesquisas sobre a sua utilização na alimentação animal. O gergelim é muito cultivado pelos agricultores familiares para extração de óleo vegetal e consumo humano, mas ainda não se tem estudos objetivando a conservação na forma de silagem, do seu valor nutritivo e de sua utilização na alimentação de ruminantes (SILVA et al., 2014).

Dessa forma, hipotetiza-se que o gergelim poderá ser uma alternativa de planta forrageira para ensilagem e apresentar uma silagem de qualidade, proporcionando aos produtores maior segurança alimentar no período de escassez de forragem, pois, é considerada uma planta resistente à seca, podendo ser uma alternativa as espécies forrageiras comumente cultivadas para produção de silagem. Existem indícios empíricos que essa planta pode ser fornecida na alimentação de ruminantes na forma de silagem, em especial, para caprinos e ovinos. Porém, ainda não se encontra dados na literatura que comprovem esse fato.

Diante disso, o trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar o crescimento, produção e composição química do gergelim em comparação a forrageiras usuais para produção de silagem. Além da composição química e degradabilidade *in situ* das silagens produzidas.

A dissertação foi estruturada conforme as normas para elaboração de dissertações do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFPI da seguinte forma: INTRODUÇÃO; CAPÍTULO 1 - Revisão de Literatura, elaborada de acordo com as normas da ABNT (<http://www.usjt.br/arq.urb/arquivos/abntnbr6023.pdf>); CAPÍTULO 2 – artigo científico intitulado: “Crescimento, produção e composição química do gergelim em comparação a forrageiras” elaborado de acordo com as normas da Revista *Grass and Forage Science*, ISSN 1365-2494 ([http://www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1365-2494](http://www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1365-2494)); CAPÍTULO 3 – artigo científico intitulado: “Parâmetros fermentativos, composição química e degradabilidade *in situ* da silagem de gergelim em comparação a silagens usuais” elaborado de acordo com as normas da Revista *Grassland Science*, ISSN 1744-697X ([http://www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1744-697X](http://www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1744-697X)) e CONSIDERAÇÕES FINAIS.

CAPITULO 1- REVISÃO DE LITERATURA

Elaborada de acordo com as normas da ABNT-6023
(<http://www.usjt.br/arq.urb/arquivos/abntnbr6023.pdf>)

1-ESPÉCIES FORRAGEIRAS PARA SILAGEM

A sazonalidade na produção de volumosos que caracteriza as regiões tropicais é consequência das irregularidades pluviométricas e poucas tecnologias empregadas para produção de forragens (FERREIRA et al., 2014). No entanto, a ensilagem como opção para o manejo da pastagem pode ser adotada em qualquer sistema de produção animal. Como opções, têm-se utilizado espécies como o milho (*Zea mays L.*), o girassol (*Helianthus annuus*) e milheto (*Pennisetum americanum*). Porém, todas essas espécies tem apresentado fatores negativos quando utilizadas com a finalidade de conservação na forma de silagem.

O milho é a planta forrageira mais utilizada para silagem, por seu cultivo disseminado, alta produção por área, elevado valor energético, teores adequados de matéria seca e carboidratos solúveis, aliados a um baixo poder tampão (PINTO et al., 2010). Porém, as irregularidades pluviométricas tem ocasionado queda na produção comprometendo a qualidade do material ensilado e uma menor segurança alimentar para os rebanhos (MORAIS et al., 2013).

Por outro lado, a cultura do girassol, por apresentar menor ciclo de produção, resistência ao frio e elevada capacidade de extrair a água no solo, tem sido uma opção para produção de silagens em locais onde a deficiência hídrica impossibilita o cultivo de outras culturas tradicionais, como milho e sorgo (PIVETTA et al, 2012). Além disso, o conteúdo de proteína da silagem de girassol é superior ao das silagens de milho. No entanto, a silagem de girassol não pode ser fornecida como alimento exclusivo na dieta de ruminantes, devido os teores de extrato etéreo característicos de espécies oleaginosas (PEREIRA et al., 2016).

Outra opção para a produção de silagem no semiárido é o milheto por ser uma gramínea de origem tropical, de fácil instalação e manejo, ciclo curto, elevado valor nutritivo e adaptado a diferentes condições de clima e solo, além de apresentar persistência a altas temperaturas e períodos de déficit hídrico além de possuir capacidade de rebrota (PINHO et al, 2013). Porém, o milheto apresenta baixa produção por área plantada quando comparado as outras espécies comumente utilizadas para produção de silagem (GUIMARÃES et. al., 2009).

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) é considerado resistente à seca, muito cultivado no semiárido brasileiro pela agricultura familiar para extração de óleo vegetal e consumo humano das sementes. Outra característica positiva do gergelim é capacidade de produzir

com um mínimo de pluviosidade (300 mm) bem distribuída, mas a faixa ótima está entre 500 e 650 mm (SILVA et al., 2014). Os solos para o cultivo do gergelim devem apresentar reação neutra, pH próximo a 7 não tolerando, aqueles com pH abaixo de 5,5 ou acima de 8,0. É extremamente sensível à salinidade e à alcalinidade (GRILO JÚNIOR & AZEVEDO, 2013). Atualmente não se encontra dados científicos publicados sobre a produção da planta gergelim e sua utilização na alimentação de animais ruminantes na forma de silagem.

2-CONSERVAÇÃO DE FORRAGEM E QUALIDADE DA SILAGEM

A conservação de forragem é uma prática fundamental quando se adota o manejo intensivo das pastagens (VALENÇA et al., 2016). As práticas de conservação de forragem garante manutenção da disponibilidade de forragem de qualidade durante todo o ano, garantido o atendimento das exigências animal e aumentar a eficiência da utilização das pastagens diminuindo o risco de degradação das mesmas em decorrência do superpastejo (SANTOS et al., 2006).

A fenação e a ensilagem são as principais formas de conservação de forragem empregadas pelos pecuaristas. Ambos de fácil execução e representam processos inteiramente diferentes, mas que têm como objetivo comum preservar um alimento com o mínimo de perdas (HEINRITZ et al., 2012).

No entanto, fenação é o processo de conservação de forragem por meio da desidratação parcial e controlada, visando a preservação da forragem sem grandes perdas de valor nutritivo. Porém, apresenta como desvantagens baixa velocidade de operação, alto custo na aquisição e manuseio de maquinários quando comparado a ensilagem (DOMINGUES, 2009).

A silagem consiste no produto da conservação, em ambiente ácido, de alimentos úmidos ou parcialmente secos, de forma anaeróbica, causada por uma paralização na respiração celular e conseqüente favorecimento da proliferação de bactérias lácticas. Com isso a acentuada redução do pH, devido à maior concentração de ácido láctico na massa ensilada, levando a uma inibição de microrganismos e enzimas putrefativas, capazes de promover à deterioração do alimento (FRANÇA et al., 2014).

Entre fatores que determinam o padrão de fermentação durante a ensilagem destacam-se os referentes à planta forrageira, como o adequado teor de umidade, os elevados valores de carboidratos solúveis e o baixo poder tampão (STELLA et al., 2016). Deste modo, pode-se considerar que o ideal para ensilagem é que a forragem apresente

teores de MS entre 32 e 35%, sendo, para os teores acima 35%, é recomendável que a forragem seja picada em partículas menores, a fim de se conseguir uma melhor compactação (McDONALD, 1981).

De maneira geral a ensilagem é mais utilizada no Brasil, pois envolve o uso de máquinas mais simples, com custo mais baixo, quando comparado à fenação (VIANA et al. 2013).

Por ser um método de conservação de forragem por meio da acidificação da massa ensilada, é fundamental que o pH dentro do silo seja inferior a 5 (3,8 a 4,2), pois essa faixa de pH inibe o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*. Além disso, estas bactérias são responsáveis pela síntese de ácido butírico e também pela degradação de proteínas, deixando a silagem com aparência e odor desagradável, o que, promove o declínio da ingestão de matéria seca pelos animais (ZAMBOM et al., 2014).

Outro critério importante para avaliar a qualidade da silagem é a relação entre o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio total, sendo considerada muito boa silagens com valores inferiores a 10%, apropriada para valores entre 10 e 15%, aceitável para valores entre 15 e 20% e insatisfatória para valores acima de 20% (PACHECO et al., 2015).

Parte da qualidade da silagem é decorrente de perdas que ocorrem no silo durante o processo de fermentação, com essas perdas podendo ocorrer por efluente ou pela perdas de gases em função da proliferação de bactérias do gênero *Clostridium*. Perdas por efluentes podem ocorrer quando a forragem é colhida com teor de matéria seca inferior a 30%, com perdas significativas de nutrientes solúveis. Porém, outras formas de perdas em silagens podem ser verificadas como as de gases e matéria seca (ZANINE et al., 2010).

Contudo, a qualidade e o valor nutritivo de uma silagem dependem, fundamentalmente, da espécie utilizada, do estágio de maturação no momento do corte e da natureza do processo fermentativo (MACHADO et al., 2012).

3-GERGELIM (*Sesamum indicum* L.)

O *Sesamum indicum* L., pertencente à família Pedaliaceae, caracteriza-se por ser uma planta oleaginosa, sendo apreciados desde a Antiguidade em países do Oriente Médio, Egito, Irã, Índia e China. O gergelim apresenta fácil adaptabilidade às condições semiáridas de diversas partes do mundo, inclusive no Nordeste Brasileiro, além disso, devido às excelentes qualidades nutricionais do seu grão, visto que este possui cerca de 50% de óleo e 20% de proteína, configura-se com grande potencial econômico (PINTO et al., 2014).

Atualmente tem-se grande demanda por alimentos e o gergelim é uma importante fonte de produção de óleo de excelente qualidade e de proteína de elevado valor biológico, tanto para o homem quanto para os animais domésticos (RINGON et al., 2012). Sendo uma alternativa de segurança alimentar em regiões com irregularidades hídricas.

O gergelim tem como características atingir de 1,5 a 2m de altura, possuir flores que são brancas, púrpura ou cor-de-rosa. Seus frutos apresentam-se em formas umas cápsulas pubescentes contendo sementes achatadas chegando de 2 a 5 mm de comprimento, normalmente em cor castanha, branca ou preta (SILVA et al., 2014). No que tange a produção de biomassa seca aérea (Folha, caule, flores e frutos) o gergelim apresenta uma produtividade de 8,24 t ha⁻¹ a 8,73 t ha⁻¹ no período de 103 a 115 dias após o plantio (COUCH et al., 2017).

Trata-se de uma planta adaptada aos climas tropical e subtropical, com temperaturas médias elevadas, 25-30°C e tolerante a períodos relativos de seca. É uma opção interessante como cultura secundária, sucedendo à cultura principal, em plantios de janeiro a março. No Brasil, a produção de sementes oscila entre 3.000 e 5.000 toneladas anuais (MESQUITA et al., 2013).

A utilização principal é *in natura*, e compondo os produtos da indústria alimentícia e de panificação. A semente possui 50-60% de EE, 20% de proteínas, 18% de carboidratos, 5% de fibras e cálcio, fósforo, ferro, potássio, sódio, magnésio e enxofre. Após a extração do óleo o farelo ou farinha, possui cerca de 40% de proteínas. O óleo tem alta porcentagem de ácido graxo oléico. Portanto, é um alimento rico em proteínas e sais minerais (QUEIROGA, et al., 2012; NOBRE, et al., 2013).

4-DEGRADABILIDADE *IN SITU*

Na determinação do valor nutritivo de uma forragem, além de sua composição química, aspectos relacionados à extensão da digestão potencial e à taxa de fermentação são de grande relevância, uma vez que esses parâmetros estão diretamente envolvidos no controle do consumo voluntário (REIS et al., 2013), que, por sua vez, se relaciona com o desempenho animal.

Por meio da técnica *in situ*, é possível estimar parâmetros relacionados à cinética de degradação de um alimento e de suas frações, em função de períodos de incubação no rúmen. Trata-se de um método cujos resultados apresentam alta correlação com os obtidos em experimentos *in vivo*, é preciso, simples e rápido para determinar a qualidade de uma

forragem (ØRSKOV et al., 1979). Por isso, tem sido de grande utilidade na avaliação de alimentos para ruminantes.

O conhecimento da degradabilidade *in situ* dos componentes nutricionais como matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de diferentes espécies forrageiras é determinante na avaliação dessas forrageiras na forma de silagem (SIMILI et al., 2014). E pode fornecer parâmetros para utilização correta do alimento em dietas de ruminantes, contribui para selecionar e indicar novos materiais de melhor valor nutritivo para produção de silagem.

A degradabilidade ruminal *in situ* tem por objetivo principal propiciar informações quanto às frações solúvel (a) e lentamente degradável (b), à taxa de degradação da fração b (c), à degradação potencial (DP) e à degradação efetiva (DE) para taxas de passagens 2; 5 e 8%/h (GARCEZ et al., 2016). Com essas variáveis pode-se quantificar o valor nutritivo de silagens de diferentes espécies forrageiras.

Ferreira et al. (2016) trabalhando com silagem de Leucena adicionando níveis de resíduo do buriti encontrou valores das frações de degradação MS variando de 22,02 a 32,03% para fração (A), 24,12 a 46,54 para fração (B) e 0,0250 a 0,0473 h⁻¹ para fração (c). No entanto, Ferreira et al. (2016) estudando silagem de capim-Elefante com inclusão de casca de abacaxi observaram os valores das frações de degradação da PB variando entre 17,89 a 23,30% para fração solúvel, 52,20 a 64,00% na fração potencialmente degradável e 0,0142 a 0,0216 h⁻¹ para taxa de degradação.

5-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGAMASCHINE, A.F.; FREITAS, R.V.L.; VALÉRIO FILHO, W.V.V.; BASTOS, J.F.P.; MELLO, S.Q.S.; CAMPOS, Z.R. Substituição do milho e farelo de algodão pelo milho no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.154–159, 2011.

BORGES, G.A.; AGUIAR, A.C.R.; MADUREIRA, K.L.; SANTOS, L.V.; SANTOS, R.S.; MOREIRA, S.J.M. Avaliação nutricional de silagens de híbridos de girassol. **Revista Agropecuária científica no semiárido**, v.8, p.01–06, 2012.

COUCH, A.; JANI, A.; MULVANEY, M.; HOCHMUTH, G.; BENNETT, J.; GLOAGUEN, R.; ROWLAND, D. Nitrogen accumulation, partitioning, and remobilization by diverse sesame cultivars in the humid southeastern USA. **Field Crops Research**, v. 203, p. 55-64, 2017.

DOMINGUES, J.L. Uso de volumosos conservados na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.259–269, 2009.

FERREIRA, A.C.H.; RODRIGUEZ, N.M.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, P.G.; GOMES, S.P.; CAMPOS, W.E.; LOPES, F.C.F.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, G.R. In situ degradability of elephant grass ensiled with increasing levels of pineapple agro-industrial byproduct. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.37, p.2807–2818, 2016.

FERREIRA, M.A.; URBANO, S.A. Novas Tecnologias para Alimentação de Bovinos Leiteiros na Seca. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, p.42–52, 2014.

FERREIRA, R.; BEZERRA, L.; EDVAN, R.; ARAÚJO, M.; MARQUES, C.; TORREÃO, J.; OLIVEIRA, R.; PARENTE, H. Physicochemical composition and ruminal degradability of leucaena ensiled with different levels of buriti fruit peel. **Grassland Science**, v.62, p.160–166, 2016.

FRANÇA, A.M.S.; FERREIRA, I.C.; HERMISDORFF, Í.C.; MENDONÇA, E.P.; FERNANDES, E.A.; ROSS, D.A. Dinâmica química, microbiológica e física da silagem de farelo úmido de glúten de milho. **Revista Ciência Rural**, v.30, p.201–210, 2014.

GARCEZ, B.S.; ALVES, A.A.; OLIVEIRA, D.S.; SANTANA, Y.A.G.; MOREIRA FILHO, M.A.; REIS, J.A.M. Efeito do tamanho de partícula sobre a degradação ruminal do feno do restolho da cultura do girassol. **Revista brasileira de Ciência Veterinária**, v.23, p.76–80, 2016.

GRILO JÚNIOR, J.A.S.; AZEVEDO, P.V. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim ‘BRS Seda’ na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Revista Holos**, v.2, p.19–33, 2013.

GUERRA, D.G.F.; MAIA, I.S.A.S.; BRAGA, A.P.; ASSIS, L.C.S.L.C.; LUCENA, J.A.; BIDLER, D.C.; SANTOS NETO, C.F.; SILVA, Y.F.M.; PEREIRA, M.I.B.; PINTO, M.M.F. Chemical composition of elephant grass silages supplemented with different levels of dehydrated cashew bagasse. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, p.997–1006, 2016.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; CARLOS GONÇALVES, L.; AVELINO SANTOS RODRIGUES, J. Utilização do milheto para produção de silagem. 1.ed. Planaltina:Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Embrapa Cerrados**, 2009. 30 p.

HEINRITZ, S.N.; MARTENS, S.D.; AVILA, P.; HOEDTKE, S. The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. **Animal Feed Science and Technology**, v.174, p.201–210, 2012.

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

McDONALD P. (1981). The biochemistry of silage. New York: John Willey & Sons. pp. 226

MESQUITA, J.B.R.; AZEVEDO, B.M.; CAMPELO, A.R.; FERNANDES, C.N.V.; VIANA, T.V.A. Crescimento e produtividade da cultura do gergelim Sob diferentes níveis de irrigação. **Revista Irriga**, v.18, p.364–375, 2013.

MIGLIORINI, F.; SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F.; PATTIS, C.A.; MIGLIORINI, P. Production of annual winter forage sown before and after soybean harvest under different nitrogen fertilization levels. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1209–1216, 2010.

NOBRE, D.A.C.; TROGELLO, E.; MORAIS, D.L.B.; BRANDÃO JUNIOR, D.S. Qualidade da semente do gergelim preto (*Sesamum indicum L.*) em diferentes épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.15, p.609–616, 2013.

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, p.61–67, 2010.

ØRSKOV E.R. AND MCDONALD I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agricultural Science**, v.92, p.449–453, 1979.

PACHECO, W.F.; CARNEIRO, M.S.; PINTO, A.P.; EDVAN, R.L.; ARRUDA, P.C.L.; CARMO, A.B.R. Fermentation losses with elephant grass silage (*Pennisetum purpureum Schum.*) With increasing levels of gliricídia hay (*Gliricidia sepium*). **Revista Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, p.155–162, 2015.

PEREIRA, D.R.M.; GODOY, M.M.; SAMPAIO, C.C.; SILVA, T.V.; FELIX, M.J.D.; OLIVEIRA, R.L.R. Uso do girassol (*Helianthus annuus*) na alimentação animal: Aspectos produtivos e nutricionais. **Revista Veterinária e Zootecnia**, v.23, p.174–183, 2016.

PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.M.; RODRIGUES, J.A.S.; MACEDO, C.H.O.; CAMPOS, F.S.; RAMOS, J.P.F.; BEZERRA, H.F.C.; PERAZZO, A.F. Avaliação de genótipos de milho para silagem no semiárido. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.14, p.426–436, 2013.

PINTO, A.P.; LANÇANOVA, J.A.C.; LUGÃO, S.M.B.; ROQUE, A.P.; ABRAHÃO, J.J.S.; OLIVEIRA, J.S.; LEME, M.C.J.; MIZUBUTI, I.Y. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays L.*) para silagem. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p.1071–1078, 2010.

PINTO, S.M.; DINIZ, A.L.; ARRIEL, N.H.C.; COSTA, F.B. Produtividade das cultivares de gergelim de frutos semi-indeiscentes e indeiscentes. **Revista Biofarma**, v.10, p.88-92, 2014.

PIVETTA, L.G.; GUIMARÃES, V.F.; FIOREZE, S.L.; PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G. Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, p.561–568, 2012.

POSSENTI, R.A.; FERRARI JUNIOR, E.; BUENO, M.S.; BIANCHINI, D.; LEINZ, F.F.; RODRIGUES, C.F. Parâmetros bromatológicos e fermentativos de silagens de milho e girassol. **Revista Ciência Rural**, v.35, p.1185–1189, 2005.

QUEIROGA, V.P.; FREIRE, R.M.M.; FIRMINO, P.T.; MARINHO, D.R.F.; SILVA, A.C.; BARBOSA, W.T.; QUEIROGA, D.A.N. Qualidade de sementes de gergelim de diferentes posições na planta em comparação a colheita convencional. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.6, p.4–47, 2012.

REIS, W.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; SILVA, M.G.B.; FACTORI, M.A.; HADLICH, J.C.; OLIVEIRA, K.; SANTANA, E.A.R.; PARIZ, C.M.; SILVA, J.A.V. Degradabilidade da matéria seca e da proteína bruta de grãos secos e de silagens de grãos úmidos de híbridos de milho (*Zea mays*), submetidos a diferentes processamentos. **Revista Boletim Indústria animal**, v.70, p.269–280, 2013.

RIGON, J.P.G.; BELTRÃO, N.E.M.; CAPUANI, S.; BRITO NETO, J.F.; SILVA, F.V.F. Análise não destrutiva de pigmentos fotossintéticos em folhas de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.258–261, 2012.

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

SILVA J.C.A., FERNANDES P.D., BEZERRA J.R.C., ARRIEL N.H.C., E CARDOSO G.D. Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.408–416, 2014.

SILVA, J.C.A.; FERNANDES, P.D.; BEZERRA, J.R.C.; ARRIEL, N.H.C.; CARDOSO, G.D. Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.408–416, 2014.

SILVA, J.C.A.; FERNANDES, P.D.; BEZERRA, J.R.C.; ARRIEL, N.H.C.; CARDOSO, G.D. Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.408–416, 2014.

SILVA, V.L.; BORGES, I.; ARAÚJO, A.R.; COSTA, H.H.A.; ALVES FILHO, F.M.; FRUTUOSO, F.I.A.; SILVA, R.H.P.; ANCÂNTARA, P.B.X. Efeito do tratamento químico sobre a digestibilidade de volumosos e subprodutos agroindustriais. **Revista Acta Kariri**, v.1, p.29–37, 2016.

SIMILI, F.F.; LIMA, M.L.P.; MEDEIROS, M.I.M.; PAZ, C.C.P.; REIS, R.A. Degradabilidade in situ do híbrido de sorgo e do capim-Tanzânia em vacas suplementadas no outono. **Revista Boletim de Indústria Animal**, v.71, p.127–134, 2014.

STELLA, L.A.; PERIPOLLI, V.; PRATES, Ê.R.; BARCELLOS, J.O.J. Composição química das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. **Revista Boletim Indústria Animal**, v.73, p.73–79, 2016.

VIANA, P.T.; TEIXEIRA, F.A.; PIRES, A.J.V.; GIORDANO, G.; CARVALHO, P.; FIGUEIREDO, M.P.; SANTANA JR, H.A. Losses and nutritional value of elephant grass

silage with inclusion levels of cottonseed meal. **Revista Acta Scientiarum- Animal Sciences**, v.35, p.139–144, 2013.

ZAMBOM, M.A.A.; FERNANDES, T.A.; SOARES, M.S.S.P.B.; CASTAGNARA, D.D.; NERES, M.A.C; JAVORSKI, C.R.B.; CRUZ, E.A. Características da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca adicionada de níveis de ureia. **Revista Archivos de Zootecnia**, v.63, p.677–688, 2014.

ZANINE, A.D.M.; SANTOS, E.M.; DÓREA, J.R.R.; DANTAS P.A.D.S.; SILVA, T.C.D.; PEREIRA, O.G. Evaluation of elephant grass with addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2611–2616, 2010.

CAPÍTULO 2 – artigo científico intitulado: “Crescimento, produção e composição química do gergelim em comparação a forrageiras” elaborado de acordo com as normas da Revista Grass and Forage Science, ISSN 1365-2494
([http://www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1365-2494](http://www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1365-2494))

Crescimento, produção e composição química do gergelim em comparação a forrageiras

Resumo

Objetivou-se avaliar o crescimento, produção e composição química do gergelim em comparação a forrageiras usuais para produção de silagem. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições por tratamento. As parcelas foram compostas por quatro tratamentos (milho, girassol, milheto e gergelim) e as subparcelas por dois períodos de avaliação (safra 2014 e safra 2016). Na safra 2016 o milheto e gergelim foram superiores com altura de 1,45 e 1,34 m. O girassol apresentou maior relação Folha/Colmo-caule com valor de 0,58 na safra 2014. A produção de massa verde de forragem ($P=0,0320$) variou para o milho com produtividade de 58,0 e 27,3 t ha⁻¹ na safra 2014 e 2016. O gergelim, milheto e girassol não apresentaram variação na produção de massa seca entre as safras. A massa seca de forragem diferiu entre as espécies na safra 2014 apresentando produção de 25,53, 12,19, 9,48 e 9,25 t ha⁻¹ para milho, gergelim, girassol e milheto. Foram observados maiores teores de matéria seca ($P<0,0001$) para milho e gergelim (404,5 e 251,7 g kg⁻¹). Para proteína bruta ($P<0,0001$) destacaram o girassol e o gergelim com teores de 167,2 e 117,7 g kg⁻¹. O conteúdo de carboidratos não fibrosos ($P=0,0167$) variou de 75,0 a 159,2 g kg⁻¹ para as espécies estudadas. O gergelim e o milheto apresentam melhores características de crescimento e de produção para o período com maior irregularidade de precipitação pluvial, o que se torna opção forrageira para as regiões tropicais e subtropicais. O gergelim apresenta proteína bruta e extrato etéreo superior ao milho e milheto e teor de matéria seca adequado para ser ensilado, entre as espécies estudadas.

Palavras-chave: características agronômicas, componentes morfológicos, girassol, milheto, milho

Growth, yield and chemical composition of sesame compared to forages

Abstract

The objective of this study was to evaluate the growth, production and chemical composition of sesame in comparison to usual forages for silage production. The experimental design was completely randomized blocks with four replicates per treatment. The plots were composed of four treatments (corn, sunflower, millet and sesame) and the subplots were two evaluation periods (2014's and 2016's harvest). In the 2016's harvest the millet and sesame were superior with height of 1.45 m and 1.34 m. The sunflower presented higher leaf/stem ratio with a value of 0.58 for 2014's harvest. The yield of green forage mass ($P=0.0320$) varied for corn with yields of 58.0 and 27.3 t ha⁻¹ for 2014's and 2016's harvest. The sesame, millet and sunflower did not show any variation in the dry mass production between the harvests. The forage dry matter differed among the species in 2014's harvest, showing yields of 25.53, 12.19, 9.48 and 9.25 t ha⁻¹ for corn, sesame, sunflower and millet. Higher dry matter contents ($P<0.0001$) were observed for corn and sesame (404.5 and 251.7 g kg⁻¹). For crude protein ($P<0.0001$), the sunflower and sesame seeds presented contents of 167.2 and 117.7 g kg⁻¹. The non-fibrous carbohydrate content ($P=0.0167$) ranged from 75.0 to 159.2 g kg⁻¹ for the species studied. Sesame and millet show better growth and production characteristics for the period with more irregularity of rainfall, which becomes a forage option for tropical and subtropical regions. Sesame presents crude protein and ether extract superior to corn and millet and dry matter content adequate to be ensiled, among the studied species.

Keywords: agronomic characteristics, corn, millet, morphological components, sunflower

1-Introdução

A base da alimentação de ruminantes nos trópicos são as pastagens cultivadas ou nativas, que sofrem influência de dois períodos distintos bem definidos, um chuvoso e outro seco. Durante o período chuvoso, o alimento disponível é abundante e de boa qualidade nutricional, enquanto, no período seco, a disponibilidade e a qualidade da forragem são reduzidas. A qualidade é reduzida, principalmente, em virtude da lignificação da parede celular e do decréscimo de proteína bruta das plantas, além da redução da produção de alimentos (Silva *et al.*, 2015). Desta forma, torna-se indispensável à conservação da forragem de melhor qualidade produzida na época das chuvas para serem utilizadas no período de estiagem ou seca. O armazenamento de forragem por meio da ensilagem é uma excelente alternativa para manter o volumoso de boa qualidade disponível durante o período de escassez de forragem, além de possibilitar o fornecimento de alimentos úmidos e palatáveis em épocas de escassez de pasto, objetivando manter uma maior segurança alimentar para os rebanhos (Silva *et al.*, 2016).

Para produção de silagem pode-se utilizar varias espécies forrageiras, com destaque para o milho, que geralmente produz silagem bem preservada, devido aos adequados teores de matéria seca e de carboidratos solúveis e à baixa capacidade tamponante. Embora seja considerada silagem-padrão, sua produção e qualidade são incertas por serem muito influenciadas pela disponibilidade hídrica (Neumann *et al.*, 2017). O girassol e milho têm sido muito utilizados na alimentação animal na forma de silagem, porém apresentam baixos teores de matéria seca, elevado poder de tamponamento e de pH no material ensilado. Embora o girassol e milho sejam opções para essa situação, são necessárias outras opções de forrageiras que forneçam maior segurança para completar o ciclo de produção, exigindo menores precipitações e, dentre as forrageiras com maior tolerância ao estresse hídrico, o gergelim (*Sesamum indicum* L.) se apresenta bastante apto a esse tipo de situação (Pereira *et al.*, 2016).

O gergelim é muito cultivado no Nordeste do Brasil pelos agricultores familiares para extração de óleo vegetal, consumo humano e animal (Silva *et al.*, 2014). Dessa forma, hipotetiza-se que o gergelim poderá ser uma alternativa de planta forrageira, proporcionando aos pecuaristas maior segurança alimentar no período de escassez de forragem, pois, é considerada uma planta resistente ao período de déficit hídrico.

A escolha de espécies para ensilagem é geralmente feita com base em características agronômicas como, boa arquitetura foliar, manutenção das folhas e colmos verdes no final do ciclo, alta produtividade de grãos, alta produtividade de matéria seca, resistência a pragas e doenças, adaptação às condições edafoclimáticas e ciclo vegetativo compatível com o período chuvoso (Perazzo *et al.*, 2017). Outro aspecto importante que auxilia os pecuaristas na escolha de

espécies de plantas para a produção de forragem de qualidade é o conhecimento das características químicas e nutricionais das plantas (Leão *et al.*, 2017).

Diante disso, o trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar o crescimento, produção e composição química do gergelim em comparação a forrageiras usuais para produção de silagem.

2-Materiais e métodos

2.1-Condições locais e desenho experimental

O experimento foi conduzido no Campo Agrostológico da Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, situado no município de Bom Jesus, Piauí, localizado às coordenadas geográficas 09°04'28" de latitude sul e 44°21'31" de longitude oeste com altitude média de 277 metros. Os dados de Temperatura e Precipitação nos meses de realização do experimento (janeiro a abril de 2014 e janeiro a abril de 2016) foram obtidos no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) proveniente da estação meteorológica do município de Bom Jesus-Piauí-Brasil (Figura 1).

O experimento foi conduzido no período de janeiro a abril de 2014 e janeiro a abril de 2016 cultivado em sequeiro. Para a implantação das culturas foi realizada uma aração e duas gradagens no preparo do solo. A área experimental foi de 143 m² sendo dividido em 16 parcelas com 5 m² cada, separadas por espaços não cultivados de 1 m de largura.

2.2-Plantio e colheita

As espécies forrageiras foram plantadas em 4 linhas com 0,7 m de distância entre linhas. As semeaduras foram realizadas no dia 11/01/2014 e 11/01/2016 em sucos com profundidade de 3 cm, utilizado 30 sementes por metro linear para as espécies forrageiras utilizadas: milho (*Zea mays* L.) cv. Bandeirante, girassol (*Helianthus annuus* L.) cv. BRS 324, milheto (*Pennisetum glaucum*) cv. BRS 1501, gergelim (*Sesamum indicum*) cv. CNPA G2 e após 30 dias do plantio foi feito um desbaste das plantas de todas as espécies estudadas deixando 20 plantas por metro linear.

A adubação foi realizada nas duas safras de acordo as análises do solo apresentada na (Tabela 1) seguindo as recomendações de Barcellos *et al.* (2007). No plantio das duas safras foram aplicados 40 kg de fósforo ha⁻¹ (superfosfato simples, 18% de P₂O₅) e 60 kg de potássio ha⁻¹ (cloreto de potássio, 48% de K₂O) e 45 dias após o plantio aplicou-se 70 kg de nitrogênio ha⁻¹ (ureia, 45% de N).

O ponto de colheita para determinação das avaliações foi de acordo com a maturação das sementes das espécies forrageiras. Para o milho considerou-se o estágio de grão farináceo duro, para o milheto e gergelim grão farináceo, já para o girassol a coloração amarela do capítulo com as folhas apresentando coloração marrom especificando o grão passando de pastoso para farináceo. Realizou-se o corte deixando uma altura de resíduo de 10 cm do solo descartando as bordas, utilizando para as avaliações as plantas da área útil de cada parcela (2 metros lineares centrais).

2.3-*Características de crescimento*

No dia da colheita em cada safra (2014 e 2016), foram avaliadas as características de crescimento: número de plantas na área útil (2 metros lineares), altura de planta (metro linear) e quantidade de plantas acamadas na área útil (g kg^{-1}). O número de plantas por metro linear foi obtido através da contagem do número de plantas total e perfilho da área útil. Para altura considerou-se altura média de cinco plantas escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela e medidas com fita métrica de 2,5 m (cescorf®, Porto Alegre-RS). O acamamento das plantas foi avaliado contabilizando as plantas acamadas da área útil.

2.4-*Componentes morfológicas*

Para avaliação das características morfológicas selecionou-se duas plantas da área útil, das quais foram separadas folha (g kg^{-1}), colmo-caule (g kg^{-1}), material morto (g kg^{-1}), inflorescência (g kg^{-1}) (Composta de sementes) e a relação folha/ colmo-caule. Os materiais foram pesados individualmente obtendo peso verde, em seguida levadas para a estufa de ventilação forçada a 55°C, onde permaneceu por 72 horas obtendo o peso seco, em seguida foi calculada a quantidade dos componentes morfológicas com base na matéria seca. Com os dados das frações de folha e caule na massa seca, calculou-se a relação folha/ colmo-caule dividindo o peso da folha pelo o peso do colmo-caule. Todas as avaliações foram realizadas na colheita em cada safra 2014 e 2016.

2.5-*Características produtivas*

Foram avaliadas as produtividades de massa seca total (t ha^{-1}) para folha, colmo-caule, inflorescência, material morto, massa verde e massa seca em nas safras 2014 e 2016. As plantas presentes dentro da área útil foram cortadas manualmente com facão para mato em aço inox 12 polegadas com cabo de polipropileno (Tramontina–26619122®, Carlos Barbosa-RS) e pesadas em uma balança de precisão digital (Sf–400®, Guarulhos-SP), obtendo-se a massa verde. Em

seguida levadas para a estufa de ventilação forçada a 55°C, onde permaneceu por 72 horas obtendo o peso seco, em seguida foi obtida a produtividade dos componentes morfológicos e produtividade de massa verde e massa seca em t ha⁻¹.

2.6-Composição química

As amostras das espécies forrageiras foram processadas em uma máquina forrageira estacionária (GT-2000L Garthen®, Navegantes-SC) com partículas de tamanho de 2 a 5 cm, em seguida retirou uma amostra de 300 g para a determinação de pré-secagem.

A composição química foi realizada apenas na safra 2014. As amostras pré-secas foram trituradas em moinho estacionário de facas Willey Mill (Tecnal®, Piracicaba-SP), com peneira de malha de 1,0 mm (Método 967.03-AOAC, 1990) e acondicionadas e seladas em potes de plástico descartável de 250 ml (Prafesta®, Mairiporã-SP) para alimentos, redondo com tampa.

Foram feitas as análises laboratoriais dos teores de matéria seca, proteína bruta (PB) (Método 981.10-AOAC, 1990), cinzas (CZ) (Método 942.05-AOC, 1990), extrato etéreo (EE) (Método 920.29-AOAC, 1990). Para determinar o conteúdo de Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA), a metodologia de Van Soest *et al.* (1991) com as modificações que foram propostas no manual do dispositivo Ankon (Ankon Technology Corporation, Macedon, Nova Iorque, EUA). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram determinados com a seguinte equação Mertens *et al.* (1997): $CNF = 100 - (PB + FDN + CZ + EE)$. O resíduo de FDA foi subsequentemente analisado para lignina por solubilização de celulose com ácido sulfúrico de acordo com (AOAC, 2002). A hemicelulose foi calculada pela diferença entre o FDN e FDA e o teor de celulose pela diferença entre o FDA e a lignina. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados de acordo a equação proposta por Capelle *et al.* (2001): $NDT = 99,39 - 0,7641 \times FDN$.

2.7-Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, para as características de crescimento, morfológicas e de produção. As parcelas foram compostas por quatro espécies forrageiras diferentes (milho, girassol, milheto e gergelim) e as subparcelas por dois períodos de avaliação (safra 2014 e safra 2016). Para a composição química o delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições, com os dados da safra de 2014. Os resultados foram analisados estatisticamente através da análise de variância e de média, pelo teste de media de Tukey com o nível de 0,05 de probabilidade utilizando-se o software SISVAR® 5.6, (2011).

3-Resultados

3.1- Características de crescimento

Houve efeito de interação (Tabela 2) entre as espécies forrageiras e safras para as variáveis de crescimento. O milho e o gergelim apresentaram maiores números de plantas ($P<0,0001$) quando comparados ao milho e girassol na safra 2014. Porém, na safra 2016 não houve diferença entre as espécies para o número de plantas. Com relação à altura da planta o gergelim, milho e milho foram superiores ($P=0,0046$) na safra 2014. No entanto, a safra 2016 o milho e gergelim foram superiores com altura de 1,45 m e 1,34 m, respectivamente. O milho e girassol apresentaram valores semelhantes, porém inferiores as demais espécies.

O gergelim e o girassol apresentaram maiores quantidades de plantas acamadas ($P=0,0004$) na safra 2014. Na safra 2016 não houve diferença entre as espécies estudadas para acamamento. O milho, milho e gergelim apresentaram maiores relações de Folha/Colmo-caule ($P<0,0001$) na safra 2016 quando comparados à safra 2014. O girassol apresentou maior relação Folha/Colmo-caule com valor de 0,58 na safra 2014. As demais espécies não diferiram na safra 2014. Na safra 2016 o milho apresentou superioridade às outras espécies forrageiras estudadas para relação Folha/Colmo-caule.

3.2-Componentes morfológicos

Em relação à morfologia das espécies forrageiras estudadas não houve efeito ($P=0,9346$) de interação somente para quantidade de colmo-caule (Tabela 3). Para a quantidade de folha a safra 2016 foi superior à safra 2014 ($P<0,0001$) para as espécies, com exceção do girassol que não apresentou diferença significativa entre as safras. No entanto, as espécies não diferiram para componente folha na safra 2014. Na safra 2016 o milho e gergelim apresentaram maiores quantidades de folha. O componente colmo-caule foi superior na safra 2014 ($P=0,0004$) quando comparado à safra 2016. O gergelim produziu maior quantidade de colmo-caule e o girassol apresentou menor quantidade deste componente ($P<0,0001$) entre as espécies estudadas.

O milho diferiu ($P<0,0001$) entre as safras para o componente morfológico material morto. O girassol, milho e gergelim não apresentaram diferença entre as safras. O gergelim não produziu material morto nas duas safras estudadas, apresentando a menor quantidade de material morto entre as forrageiras estudadas. A safra 2014 apresentou maior quantidade de inflorescência ($P=0,0002$) quando comparada a safra 2016 para milho, girassol e gergelim. O milho apresentou menor quantidade de inflorescência na safra 2014 e o gergelim na safra 2016 entre as forrageiras em estudo.

3.3- Características produtivas

A produção de massa verde de forragem ($P=0,0320$) variou para o milho com produtividade de 58,0 e 27,3 t ha⁻¹ na safra 2014 e 2016 respectivamente (Tabela 4). O gergelim, milho e girassol não apresentaram variação na produção de massa seca entre as safras estudadas.

Na safra 2014 não houve diferença entre as espécies para produção de massa verde. Contudo, na safra 2016 o milho, gergelim e girassol obtiveram maiores produções de massa verde de forragem ($P=0,0320$). Entretanto, para produção de massa seca de forragem não houve diferença entre as Safras para girassol e gergelim. O milho apresentou maior massa seca de forragem na safra 2014 quando comparado à safra 2016, diferente do milho que obteve valores superiores de massa seca de forragem na safra 2016.

O milho apresentou maior quantidade de massa seca de forragem 25,53 t ha⁻¹ na safra 2014. No entanto, gergelim, girassol e milho não diferiram apresentando valores de 12,19, 9,48 e 9,25 t ha⁻¹ respectivamente. Na safra 2016 o milho e gergelim apresentaram maiores produções de massa seca de forragem, porém o gergelim não diferiu do girassol e milho.

A Safra 2014 apresentou maior produtividade de massa seca de folha total ($P=0,0190$) para o milho que não diferiu do milho e girassol. Na safra 2016 o milho, gergelim e girassol produziram maiores quantidades de massa seca de folha total ($P=0,0190$). Para produção de massa seca de colmo-caule total ($P=0,0012$) diferiu entre as Safras para o milho. O milho, girassol e gergelim não diferiram entre as safras 2014 e 2016. Na Safra 2014 o milho e gergelim apresentaram maiores produções de massa seca de colmo-caule total ($P=0,0012$) com 10,41 e 8,03 t ha⁻¹. No entanto, na safra 2016 o milho e gergelim apresentaram maiores produções de massa seca de colmo-caule total ($P=0,0012$).

Para produção massa seca de matéria morta total ($P<0,0001$) não houve diferença entre as safras. O milho apresentou maior produção de massa seca de matéria morta total ($P=0,0582$) e o gergelim não produziu material morto, independente da safra. Com relação à produção de massa seca de inflorescência total ($P<0,0001$) houve diferença entre as safras para o milho, milho e girassol. O milho apresentou maior produção de massa seca de inflorescência total ($P<0,0001$) na safra 2014. Na safra 2016 a produção de massa seca de inflorescência total ($P<0,0001$) foi superior para o milho, que não diferiu do girassol e milho.

3.4-Composição química

Foram observados maiores teores de matéria seca (MS) ($P<0,0001$) no milho e gergelim (Tabela 5). O milheto e girassol apresentaram menores valores. O teor de cinza ($P=0,0077$) do milheto foi superior ao do milho, que apresentou menor concentração para essa variável. As quantidades de fibra em detergente neutro (FDN) ($P<0,0001$) observados variaram de 441,7 a 738,4 g kg⁻¹. Foi verificado que as espécies milheto e milho apresentaram maiores frações de FDN ($P<0,0001$) diferindo do gergelim e girassol.

As concentrações de fibra em detergente ácido (FDA) do gergelim e milheto não diferiram entre si, sendo que o girassol e milho obtiveram menor ($P=0,0153$) quantidade dessa fração. O girassol e gergelim apresentaram os maiores teores ($P<0,0001$) de proteína bruta (PB) com valores médios de 167,2 e 117,7 g kg⁻¹ respectivamente. Porém, o milheto e milho obtiveram os menores teores de PB com média de 91,5 e 66,7 g kg⁻¹ respectivamente. A maior concentração de extrato etéreo (EE) foi obtida na cultura do girassol e gergelim, 146,1 e 105,4 g kg⁻¹ respectivamente, enquanto o milho e milheto apresentaram proporções menores e não diferiram entre si.

O conteúdo de carboidratos não fibrosos ($P=0,0167$) variou de 75,0 a 159,2 g kg⁻¹ para as espécies estudadas, sendo que o milho e o gergelim apresentaram maiores valores. A celulose ($P<0,0001$) não diferiu entre as forrageiras. O milheto apresentou maior teor de lignina ($P=0,0171$), no entanto milho e gergelim foram semelhantes. O milho, milheto e gergelim não diferiram com relação ao conteúdo de hemicelulose ($P<0,0001$), porém o girassol apresentou menor conteúdo. Para os nutrientes digestíveis totais ($P<0,0001$) o girassol e gergelim foram superiores ao milho e milheto.

4-Discussão

4.1- Características de crescimento

As espécies milheto e gergelim apresentaram maior número de plantas fato que determina menor necessidade de tratos culturais para o desenvolvimento adequado da cultura, pois aumenta área de cobertura vegetal no solo, além de ser correlacionado com maior produção de massa de forragem. O girassol apresentou menor altura, devido a maior quantidade de planta.

O elevado acamamento no girassol e gergelim na safra 2014 pode ser atribuído as maiores quantidades de chuva no final do ciclo produtivo. Segundo Demétrio *et al.* (2012), o acamamento é um fenômeno complexo, e sua expressão depende de fatores genéticos, relacionados com fatores do clima, solo, práticas culturais adotadas e danos causados por pragas e doenças.

Girassol e milho apresentaram maiores relação de folha/colmo-caule em 2014 e 2016 respectivamente. O que pode expressar melhor qualidade da forragem produzida com essas plantas. Segundo alguns autores uma maior participação do componente folha é preferível, por ser a porção da planta usualmente mais nutritiva quando comparada ao colmo-caule (Parente *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2013).

4.2-Componentes morfológicos

No material morto o milho maior quantidade, fato que pode comprometer a qualidade da forragem produzida com essas espécies. Quanto maiores as quantidades de folhas e inflorescências (presença de grãos), pode proporcionar melhor valor nutritivo na forragem (Moraes *et al.*, 2013). Onde observou maiores quantidades para o milho e girassol nas duas safras. Com relação a massa seca de folha total o gergelim apresentou elevada abscisão foliar, diferente do milho que mantinha suas folhas mortas na planta, essa característica do gergelim é indicativo de adaptação a regiões com clima com precipitação irregular (clima tropical ou subtropical) em que mesmo com precipitações abaixo da média consegue permanecer no campo por mais tempo, dentre as espécies foi a que demorou mais tempo para atingir o ponto de colheita em torno de 100 dias nas safras.

A menor quantidade de caule obtida no girassol pode conferir um menor teor de fibra para sua composição química. De acordo com Perazzo *et al.* (2014) o colmo apresenta um auto teor de fibra em relação a folha comprometendo a digestibilidade. O valor nutricional da planta pode ser comprometido quando a produção de colmo-caule for maior em relação à folha. A elevada quantidade de material morto apresentado pelo milho pode reduzir a qualidade da forragem produzida e por sua vez pode comprometer a composição química. Diferente dos resultados encontrados por Assis *et al.* (2014) com valores médios de 0,43 t ha⁻¹ em 11 híbridos de milho. A parte da planta onde encontra maior teor de proteína e carboidratos é a semente, tendo um valor significativo para a forragem produzida, pois permite uma melhor qualidade da planta. Rabêlo *et al.* (2013) encontrou valores médios de 8,39 t ha⁻¹ para produção de grãos de milho.

4.3- Características produtivas

A produção de massa verde resulta da maior adaptabilidade para o (milheto, girassol e gergelim) quando comparado com o milho, principalmente em relação à irregularidade da precipitação pluviométrica (Figura 1). Quando há disponibilidade de chuva no final do ciclo produtivo não se observa diferença entre as espécies para produção de massa verde, já quando

falta chuva nos dois últimos meses do ciclo o milho e o gergelim mostram-se superiores. No entanto, Oliveira *et al.* (2010) trabalhando com milho e girassol cultivados em sequeiro no estado da Bahia para produção de silagem encontraram valores de 67,18 e 21,01 t ha⁻¹, 83,9 e 15,92 t ha⁻¹ para produção de massa verde e massa seca respectivamente. Vital *et al.* (2015) encontraram valores de 7,75 e 3,0 t ha⁻¹ para produção de massa verde e massa seca no milho para silagem.

4.4-Composição química

O teor de MS de uma forragem é considerado o principal fator que determina a qualidade da silagem segundo Vieira *et al.* (2013). O baixo teor de MS do girassol e milho estar relacionado à variedade estudada, que, mesmo no ponto de corte, apresentou alta umidade em determinada porção da planta, como o colmo ou caule, provavelmente em razão da maturidade fisiológica, ou seja, na fase reprodutiva, as plantas do girassol apresentam a parte posterior dos capítulos amarelada. O gergelim apresentou teor de MS de 251,70 g kg⁻¹ quantidade dentro do recomendado (250 a 350 g kg⁻¹ MS) no momento do corte da forrageira para ensilagem (Mota *et al.*, 2011).

De acordo com Carvalho *et al.* (2015) o teor de cinzas fornece um indicativo da quantidade de macro e micro minerais da forragem. Rezende *et al.* (2011) encontraram médias de FDN de 600,0 g kg⁻¹ para o milho, 618,0 g kg⁻¹ para o sorgo-sudão e 569,0 g kg⁻¹ para o sorgo forrageiro. Vale ressaltar que a FDN é uma característica que está diretamente relacionada à velocidade de passagem do alimento pelo trato digestivo, e quanto menor o nível de FDN, maior o consumo de MS. Da mesma forma, o teor de FDN está diretamente relacionado a fatores como o ciclo da cultivar, temperaturas noturnas, teor de carboidratos solúveis, entre outros.

Os valores obtidos são superiores aos encontrados por Vieira *et al.* (2013), que encontraram valores médios de FDA em torno de 292,9 g kg⁻¹, para vários genótipos de milho. Já Simão *et al.* (2015) encontraram valor de 346,0 g kg⁻¹ de FDA para o milho, e 362,0 g kg⁻¹ para o milho. Apresentando teores de FDA semelhantes aos encontrados neste trabalho. A FDA está relacionada à digestibilidade da forragem, pois contém a maior proporção de lignina, que é a fração da fibra completamente indigestível, indicando, assim, sua indigestibilidade. Além disso, também é um indicador do valor energético do material, ou seja, quanto menor a FDA, maior será o valor energético da forragem.

O valor de PB na cultura do girassol neste trabalho foi superior ao relatado por Pereira *et al.* (2016), que, em trabalho com girassol encontraram média de 150,0 g kg⁻¹ de PB. Viana *et al.* (2012), no entanto, encontraram teores de PB para milho de 60,0 g kg⁻¹, valor inferior ao

encontrado neste trabalho. Já Antoniassi *et al.* (2013) trabalhando com 14 genótipos de gergelim encontraram valores médios de 189,5 g kg⁻¹ de PB, valor superior ao encontrado neste trabalho, porém esse teor de PB citado é das sementes e não da planta inteira como realizado neste trabalho. Com exceção a cultura do milho, as demais culturas apresentaram valores de PB superior a 70,0 g kg⁻¹, nível mínimo para um adequado funcionamento da microbiota do rúmen (Viana *et al.*, 2012). Exposto isto, pode-se salientar que o gergelim é alimento alternativo rico em PB, e pode aumentar a quantidade deste composto na dieta dos animais.

Com relação ao alto teor de EE do girassol e gergelim, o mesmo está relacionado ao fato de ser um vegetal que armazena sua energia no grão na forma de óleo. Forragens com maior teor de EE (gordura) tendem a ter valores mais altos de nutrientes digestíveis totais, pelo fato de a gordura fornecer 2,25 vezes mais energia do que os carboidratos. De acordo com Azevedo *et al.* (2011), na maioria das situações, o total de gordura na dieta para ruminantes não deve ultrapassar de 60,0 a 70,0 g kg⁻¹ na MS, em razão de poder determinar reduções na fermentação ruminal, na digestibilidade da fibra e na taxa de passagem. Dessa forma, o uso de forragens como a girassol e gergelim, com os altos teores de EE, em dietas para ruminantes tem limitações, o que indica possível necessidade de associação com outros alimentos volumosos.

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi superior no milho e gergelim provavelmente em função de substratos ricos em amido e açúcares, principais componentes dos CNF. Segundo McDonald *et al.* (1991), o valor mínimo de carboidrato solúvel de uma forrageira necessário para garantir uma boa fermentação láctica deve ser de 8 a 10 g kg⁻¹ na MS. Esse fato pode ser favorável para o gergelim no momento da ensilagem, pois pode apresentar fermentação semelhante ao milho, principalmente pelo desenvolvimento de bactérias láctica e assim contribuir para o rápido declínio do pH (Tao *et al.*, 2017). Quanto ao teor de lignina o gergelim foi semelhante ao milho, ambos inferiores ao milheto e girassol. O que pode ser considerado um fator positivo do ponto de vista nutricional, uma vez que a lignina é indigestível (Musco *et al.*, 2016).

O teor de celulose das forrageiras pode estar diretamente ligado a FDA, pois a celulose é um importante componente dessa fração. O que pode ter causado essa similaridade entre as forrageiras. Com relação a hemicelulose o girassol obteve menores quantidades, o que é uma desvantagem porque a hemicelulose é um dos principais substratos da fermentação (Carvalho *et al.*, 2016). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram superiores no girassol e gergelim isso pode estar diretamente relacionado ao conteúdo de estrato etéreo. De acordo com Monteiro *et al.* (2016) valores altos de NDT são característicos de alimentos nobres, uma vez que o NDT é parâmetro utilizado para a quantificar energia dos alimentos. Outro fato importante que pode ser

observado, forrageiras com alta quantidade de grãos tende apresentarem maiores valores de NDT quando comparadas as forrageiras com baixa quantidade de grãos.

5-Conclusão

O gergelim e o milheto apresentam melhores características de crescimento e de produção entre as espécies forrageiras avaliadas para o período com maior irregularidade de precipitação pluvial, o que se torna opção forrageira para as regiões tropicais e subtropicais.

O gergelim apresenta proteína bruta e extrato etéreo superior ao milho e milheto e teor de matéria seca próximo do adequado para ser ensilado, entre as espécies estudadas. Assim, o gergelim utilizado como forrageira fornece maior segurança alimentar para os rebanhos de ruminantes, assim como o milheto, em regiões com maior irregularidade pluvial.

6-Referências

- Antoniassi R., Arriel N.H.C., Gonçalves E.B., Freitas S.C., Zanotto D.L., e Bizzo H. R. (2013). Influência das condições de cultivo na composição da semente e do óleo de gergelim. *Revista Ceres*, **60**, 301–310.
- Assis F.B., Basso F.C., Lara E.C., Raposo E., Bertipaglia L.M.A., Fernandes L.O., Rabelo C.H.S., e Reis R.A. (2014). Caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, **35**, 2869–2882.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990) Official Methods of Analysis. 15th edn. AOAC, Virginia, 1–684.
- AOAC. (2002). *Official Methods of Analysis*, sixteenth ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Azevedo J.A.G., Valadares Filho S.C., Pina D.S., Detmann E., Valadares R.F.D., Pereira L.G.R., Souza N.K.P., e Silva L.F.C. (2011). Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **40**, 1052–1060.
- Barcellos A.O., Sousa D.M.G., Martha Júnior G.B., Vilela L., e Barioni L.G. (2007). *Cerrado: uso eficiente de corretivos em pastagens*. 1ª edição, p. 224, Planaltina, Distrito Federal: Embrapa Cerrados.
- Bergamaschine A.F., Freitas R.V.L., Valério Filho W.V.V., Bastos J.F.P., Mello S.Q.S., e Campos, Z.R. (2011). Substituição do milho e farelo de algodão pelo milheto no concentrado da dieta de novilhos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **40**, 154–159.

- Borges G.A., Aguiar A.C.R., Madureira K.L., Santos L.V., Santos R.S., e Moreira S.J.M. (2012). avaliação nutricional de silagens de híbridos de girassol. *Revista Agropecuária científica no semiárido*, **8**, 0–06.
- Carvalho A.F.G., Martin T.N., Santos S., Müller T.M., e Piran Filho F.A. (2015). Perfil agronômico e bromatológico de silagem de milho no sudoeste do Paraná. *Revista de la Facultad de Agronomía*, **114**, 149–159.
- Carvalho W.G., Costa K.A.P., Epifanio P.S., Perim, R.C., Teixeira D.A.A., e Medeiros L.T. (2016). Silage Quality of corn and Sorghum added with forage peanuts. *Revista Caatinga*, **29**, 465–462.
- Capelle E.R., Valadares Filho S.C., Silva J.F.C., e Cecon P.R. (2001). Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **30**, 1837–1856.
- Demétrio J.V., Costa A.C.T., e Oliveira P.S.R. (2012). Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de corte. *Revista Pesquisa Agropecuária Tropical*, **42**, 198–205.
- Leão G.F.M., Jobim C.C., Neumann M., Horst E.H., Santos S.K.D., Venancio B.J., and Santos L.C. (2017). Nutritional composition and aerobic stability of winter cereal silage at different storage times. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, **39**, 131–136.
- McDonald, P., Henderson, N., e Heron, S. (1991). *The biochemistry of silage*. Marlow Bucks: Chalcombe Publications, 1–340.
- Meinerz G.R., Olivo C.J., Nörnberg J.L., Viégas J., Agnolin C.A., Scheibler R.B., Skoniesk F.R., Ziech M.F., e Quatrin M.P. (2015). Utilização da biomassa remanescente de pastagens de estação fria para produção de forragem conservada. *Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **67**, 1390–1398.
- Mertens D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **80**, 1463–1481.
- Monteiro I.J.G., Abreu J.G., Cabral L.S., Almeida R.G., Reis R.H.P., Behling Neto A., Cabral C.E.A., Barros L.V., Avelino A.C.D., e Penso S. (2016). Ensiling of elephant grass with soybean hulls or rice bran. *Semina: Ciências Agrárias*, **37**, 4203–4212.
- Moraes S.D., Jobim C.C., Silva M.S., e Marquardt F.I. (2013). Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, **14**, 624–634.
- Moro J.G., Jobim C.C., Krüger A.M., Silva M.J.S., e Oliveira T.M. (2015). Composição nutricional de milho Bt ensilado com inoculante enzimbacteriano e avaliado em ovinos. *Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **67**, 864–872.

- Musco N., Koura I.B., Tudisco R., Awadjihè G., Adjolohoun S., Cutrignelli M.I., Mollica M.P., Houinato M., Infascelli F., and Calabrò S. (2016). Nutritional Characteristics of Forage Grown in South of Benin. *Asian-Australians Journal of Animal Science*, **29**, 51–61.
- Mota Á.D.S., Rocha Júnior V.R., Souza A.S., Reis S.T., Tomich T.R., Caldeira L.A., Menezes G.C.C., e Costa M.D. (2011). Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **40**, 1466–1473.
- Neumann M., Leão G.F.M., Coelho M.G., Figueira D.N., Spada C.A., e Perussolo L.F. (2017). Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. *Archivos de Zootecnia*, **66**, 51-57.
- Parente H.N., Silva Junior O.R., Bandeira J.R., Parente M.O.M., Rodrigues R.C., Rocha K.S., e Gomes R.M.S. (2014). Produtividade do sorgo forrageiro em função de quantidades crescentes de adubação fosfatada e nitrogenada. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, **8**, 01–10.
- Perazzo A.F., Carvalho G.G.P., Santos E.M., Bezerra H.F.C, Silva T.C., Pereira G.A., Ramos R.C.S., and Rodrigues J.A.S. (2017). Agronomic Evaluation of Sorghum Hybrids for Silage Production Cultivated in Semiarid Conditions. *Frontiers in Plant Science*, **8**, 1088–1096.
- Perazzo A.F., Carvalho G.G.P., Santos E.M., Pinho R.M., Campos F.S., Macedo H.O., Azevêdo J.A.G., e Tabosa J.N. (2014). Agronomic evaluation of 32 sorghum cultivars in the Brazilian semi-arid region. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **43**, 232–237.
- Pereira D.R.M., Godoy M.M., Sampaio C.C., Silva T.V., Felix M.J.D., e Oliveira R.L.R. (2016). Uso do girassol (*Helianthus annuus*) na alimentação animal: Aspectos produtivos e nutricionais. *Revista Veterinária e Zootecnia*, **23**, 174–183.
- Rezende B.P.M., Jakelaitis A., Tavares C.J., Marangoni R.E., e Cunha P.C.R. (2016). Consórcio de sorgo com espécies forrageiras. *Revista Agroambiente*, **10**, 57–64.
- 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. e Moreira P.R. (2011). Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, **10**, 171–179.
- Robertson J.B. and Van Soest P.J. (1981) The detergent system of analysis and its application to human foods. In: James W.P.T. and Theander O. (eds) The analysis of dietary fiber in food, New York, NY: Marcel Dekker, 123–158.

- Rabêlo F.H.S., Rezende A.V., Rabelo C.H.S., e Amorim F.A. (2013). Características agronômicas e bromatológicas do milho submetido a adubações com potássio na produção de silagem. *Revista Ciência Agronômica*, **44**, 635–643.
- Santos R.D., Pereira L.G.R., Neves A.L.A., Rodrigues J.A.S., Costa C.T.F., e Oliveira G.F. (2013). Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. *Acta Scientiarum—Animal Sciences*, **35**, 13–19.
- Silva E.B., Carneiro M.S.S., Edvan R.L., Coutinho M.J., Bezerra L.R., e Pereira E.S. (2016). Produção de espécies forrageiras produtoras de grãos e composição química de silagens. *Scientia Agraria Paranaensis*, **15**, 164–170.
- Silva J.C.A., Fernandes P.D., Bezerra J.R.C., Arriel N.H.C., e Cardoso G.D. (2014). Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **18**, 408–416.
- Silva M.D.A., Carneiro M.S.S., Pinto A.P., Pompeu R.C.F.F., Silva D.S., Coutinho M.J.F., e Fontenele, R.M. (2015). Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, **36**, 571–578.
- Simão E.P., Gontijo Neto M.M., Santos E.A., e Barcelos V.G.F. (2015). Estratégias para produção de forragem utilizando milho, sorgo e milheto na região central de minas gerais. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, **14**, 75–87.
- Tao L., Zhou H., Zhang N., Si B., Tu Y., Ma T. and Diao Q. (2017). Effects of different source additives and wilt conditions on the pH value, aerobic stability, and carbohydrate and protein fractions of alfalfa silage. *Animal Science Journal*, **88**, 99–106.
- Van Soest P.J., Robertson, J.B. and Lewis B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583–3597.
- Viana P.T., Pires A.J.V., Oliveira L.B., Carvalho G.G.P., Ribeiro L.S.O., Chagas D.M.T., Nascimento Filho C.S., e Carvalho A.O. (2012). Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **41**, 292–297.
- Vieira V.C., Martin T.N., Menezes L.F.G., Assmann T., Ortiz S., Bertonecelli P., Piran Filho F.A., e Schimitz T.H. (2013). Caracterização bromatológica e agrônômica de genótipos de milho para produção de silagem. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **65**, 847–856.
- Vieira V.C., Martin T.N., Menezes L.F.G., Ortiz S., Bertonecelli P., e Storck, L. (2013). Caracterização bromatológica de silagens de milho de genótipos super precoce. *Revista Ciência Rural*, **43**, 1925–1931.

Vital A.F.M., Santos D., e Santos R.V. (2015). Características agronômicas do milho adubado com diferentes fontes orgânicas. *Revista Agropecuária Técnica*, **36**, 303–309.

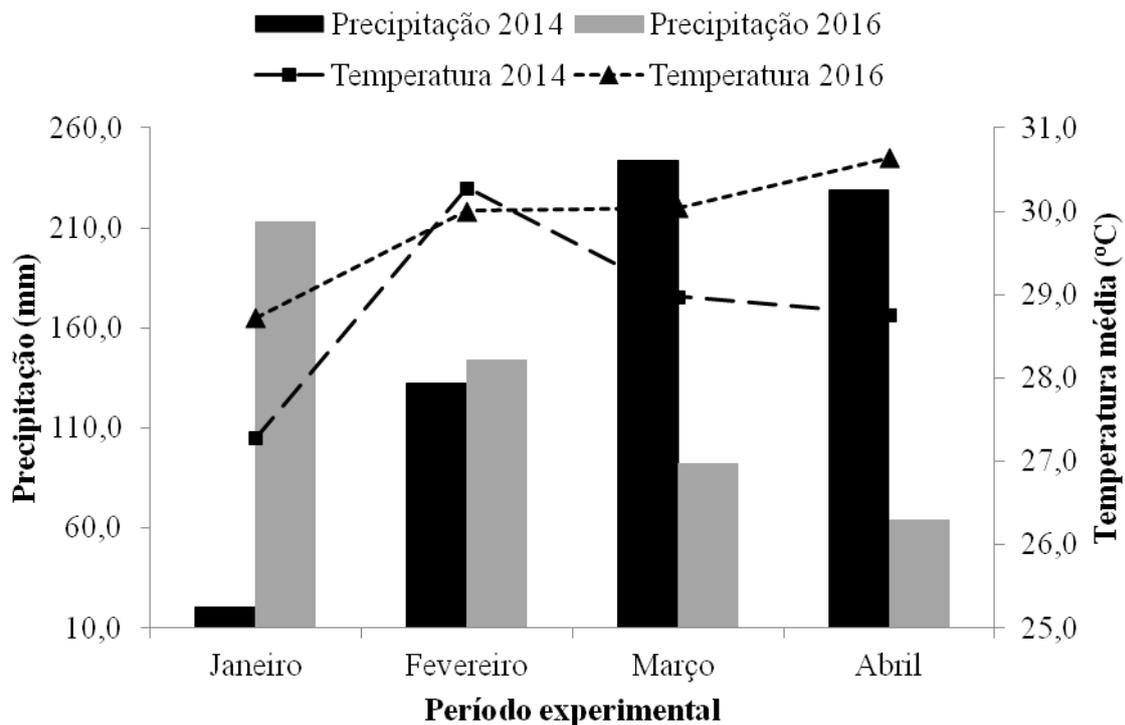


Figura 1 Dados de precipitação (mm) e temperatura média (°C) durante o período de 11 de janeiro a 21 de abril 2014 e 10 de janeiro a 14 de abril de 2016. Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Estação: 82975-Bom Jesus, Piauí.

Tabela 1 Análise química do solo da área onde foi realizado o plantio das quatro espécies forrageiras em safras (2014 e 2016).

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
H ₂ O	mg/dm ³			cmol/dm ³				%				
5,78	29,6	84	–	2,8	1,2	0,1	3,3	4,3	4,3	7,5	56,0	2,3

*pH em água: relação 1:2,5; P-K-Na: extrator Mehlich¹; Ca-Mg-Al: extrator KCl¹ mol/L; H+Al: Extrator SMP; SB: Soma de Bases Trocáveis; CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva a pH 7,0; V: Índice de Saturação de Bases; m: Índice de Saturação de Alumínio.

Tabela 2 Características de crescimento do gergelim e das espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem em safras.

Espécie	Safras		Médias ¹	<i>P</i> <Espécie	<i>P</i> <Saфра	<i>P</i> <Espécie×saфра	EPM ²
	2014	2016					
Número de Plantas							
Milho	26,2aB	33,0aA	29,6				
Milheto	58,2aA	39,7bA	49,0	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> =0,1280	<i>P</i> <0,0001	1,70
Girassol	21,2bB	40,0aA	30,6				
Gergelim	57,0aA	34,7bA	45,8				
Média	40,6	36,8					
Altura da Planta (m)							
Milho	1,7aA	0,7bB	1,2				
Milheto	1,7aA	1,4aA	1,6	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> =0,0046	0,06
Girassol	0,7aB	0,8aB	0,8				
Gergelim	1,9aA	1,3bA	1,6				
Média	1,5	1,1					
Acamamento de Plantas (g kg ⁻¹)							
Milho	99,3aB	111,9aA	105,6				
Milheto	127,0aB	94,0aA	110,5	<i>P</i> =0,0384	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> =0,0004	3,02
Girassol	547,9aA	0,0bA	273,9				
Gergelim	323,2aA	7,8bA	165,5				
Média	274,4	53,4					
Relação Folha/Colmo-Caule							
Milho	0,3bB	1,0aA	0,6				
Milheto	0,2bB	0,4aB	0,3	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> <0,0001	0,03
Girassol	0,5aA	0,6aB	0,5				
Gergelim	0,1bB	0,5aB	0,3				
Média	0,3	0,6					

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey (*P*<0,05); Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (*P*<0,05);

²EPM= Erro Padrão da Média;

P-valor= Probabilidade.

Tabela 3 Morfologia do gergelim e das espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem em safras.

Espécie	Safras		Média ¹	<i>P</i> <Espécie	<i>P</i> <Safra	<i>P</i> <Espécie ×safra	EPM ²
	2014	2016					
Folha (g kg ⁻¹)							
Milho	128,1bA	326,3aA	227,2				
Milheto	144,3bA	212,2aB	178,3	<i>P</i> =0,0007	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> <0,0001	1,04
Girassol	135,2aA	113,2aC	124,2				
Gergelim	80,4bA	301,8aA	191,1				
Média	122,0	238,4					
Colmo-caule (g kg ⁻¹)							
Milho	410,2	316,1	363,2C				
Milheto	578,2	494,9	536,6B	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> =0,0004	<i>P</i> =0,9346	1,33
Girassol	247,7	187,5	217,6D				
Gergelim	663,3	585,7	624,5A				
Média	474,9a	396,0b					
Material Morto (g kg ⁻¹)							
Milho	73,4bA	195,2aA	134,3				
Milheto	89,5aA	44,5aAB	67,0	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> =0,3383	<i>P</i> <0,0001	0,81
Girassol	96,9aA	65,1aB	81,0				
Gergelim	0,0aB	0,0aC	0,0				
Média	64,9	76,2					
Inflorescência (g kg ⁻¹)							
Milho	388,1aAB	162,2bAB	275,1				
Milheto	187,7aC	248,1aA	217,9	<i>P</i> =0,0002	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> =0,0002	1,80
Girassol	520,0aA	187,0bAB	353,5				
Gergelim	256,2aAB	57,3bC	156,8				
Média	338,0	163,7					

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey (*P*<0,05); Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (*P*<0,05);

²EPM= Erro Padrão da Média;

P-valor= Probabilidade.

Tabela 4 Características produtivas do gergelim e das espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem em safras.

Espécies	Safras		Média ¹	<i>P</i> <Espécie	<i>P</i> <Safra	<i>P</i> <Espécie ×safra	EPM ²
	2014	2016					
Produção de massa verde de forragem (t ha ⁻¹)							
Milho	58,0aA	27,3bAB	42,6				
Milheto	49,7aA	54,2aA	51,9	<i>P</i> =0,1096	<i>P</i> =0,0893	<i>P</i> =0,0320	3,52
Girassol	43,5aA	25,4aB	34,4				
Gergelim	43,3aA	52,2aAB	47,7				
Média	48,6	39,7					
Produção de massa de seca de forragem (t ha ⁻¹)							
Milho	25,5aA	7,9bB	16,7				
Milheto	9,4bB	17,8aA	13,6	<i>P</i> =0,0121	<i>P</i> =0,0749	<i>P</i> =0,0002	1,15
Girassol	9,2aB	7,5aB	8,4				
Gergelim	12,1aB	10,8aAB	11,1				
Média	14,1	11,0					
Produção de massa seca de folha total (t ha ⁻¹)							
Milho	3,2aA	2,6aAB	2,9				
Milheto	1,3bAB	3,8aA	2,6	<i>P</i> =0,0148	<i>P</i> =0,0418	<i>P</i> =0,0190	0,28
Girassol	1,2aAB	0,8aC	1,0				
Gergelim	0,9bB	3,0aAB	1,9				
Média	1,7	2,5					
Produção massa seca de colmo ou caule total (t ha ⁻¹)							
Milho	10,4aA	2,5bBC	6,4				
Milheto	5,5aBC	8,9aA	7,2	<i>P</i> =0,0004	<i>P</i> =0,0517	<i>P</i> =0,0012	0,59
Girassol	2,3aC	1,4aC	1,8				
Gergelim	8,0aAB	6,4aAB	7,2				
Média	6,5	4,8					
Produção massa seca de matéria morta total (t ha ⁻¹)							
Milho	1,8	1,4	1,6A				
Milheto	0,8	0,4	0,6B	<i>P</i> <0,0001	<i>P</i> =0,0582	<i>P</i> =0,7200	0,09
Girassol	0,8	0,4	0,6B				
Gergelim	0,0	0,0	0,0C				
Média	0,8a	0,6a					
Produção massa seca de inflorescência total (t ha ⁻¹)							
Milho	9,9aA	1,3bAB	5,6				
Milheto	1,7bB	4,5aA	3,1	<i>P</i> =0,0043	<i>P</i> =0,0002	<i>P</i> <0,0001	0,45
Girassol	4,7aB	1,4bAB	3,0				
Gergelim	3,1aB	0,5aB	1,8				
Média	4,9	1,9					

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey (*P*<0,05); Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (*P*<0,05);

²EPM= Erro Padrão da Média;

P-valor= Probabilidade.

Tabela 5 Composição química do gergelim e das espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem.

Nutrientes (g kg ⁻¹ MS)	Forrageiras ¹				EPM ⁶	P–valor
	Milho	Milheto	Girassol	Gergelim		
Matéria seca	404,5a	175,4c	196,5c	251,7b	0,80	P<0,0001
Cinzas	57,5b	79,8a	79,0ab	60,8ab	0,42	P=0,0077
FDN ²	699,9a	738,4a	441,7c	562,4b	1,23	P<0,0001
FDA ³	341,7b	439,0a	347,7b	369,9ab	1,81	P=0,0153
Proteína bruta	66,7d	91,5c	167,2a	117,7b	0,43	P<0,0001
Extrato etéreo	16,5c	15,0c	146,1a	105,4b	0,63	P<0,0001
CNF ⁴	159,2a	75,0b	123,8ab	153,5a	1,58	P=0,0167
Lignina	27,6b	59,0a	42,0ab	31,4b	0,58	P=0,0171
Celulose	314,1a	380,0a	305,7a	338,5a	1,88	P=0,0637
Hemicelulose	358,2a	299,4ab	94,0b	192,5ab	2,01	P<0,0001
NDT ⁵	459,0c	429,6c	656,3a	564,1b	0,94	P<0,0001

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey ($P<0,05$); ²FDN= Fibra em detergente neutro (g kg⁻¹ da MS); ³FDA= Fibra em detergente ácido (g kg⁻¹ da MS); ⁴CNF= Carboidratos não fibrosos (g kg⁻¹ da MS da MS); ⁵NDT= Nutrientes digestíveis totais calculado (g kg⁻¹ da MS da MS);

⁶EPM= Erro Padrão da Média;

P–valor = Probabilidade.

CAPÍTULO 3 – artigo científico intitulado: “Parâmetros fermentativos, composição química e degradabilidade *in situ* da silagem de gergelim em comparação a silagens usuais” elaborado de acordo com as normas da Revista *Grass land Science*, ISSN 1744-697X ([http://www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1744-697X](http://www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1744-697X))

Parâmetros fermentativos, composição química e degradabilidade *in situ* da silagem de gergelim em comparação a silagens usuais

Resumo

Objetivou-se avaliar os parâmetros fermentativos, composição química e degradabilidade *in situ* da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais. Foram avaliadas as perdas, qualidade fermentativa e composição química das forrageiras e silagens na safra 2014 utilizando o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (gergelim, milho, milho e girassol) e quatro repetições por tratamento. As silagens foram produzidas em silos experimentais de 3,0 kg e foi aberta após 28 dias. Foi avaliada a degradabilidade *in situ* utilizando um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições (animais) por tratamento. Foram utilizados três ovinos machos não castrados da raça Santa Inês fistulados no rúmen. As silagens de girassol e milho obtiveram maiores percentuais de perdas por gases ($P=0,0256$). A silagem de milheto apresentou maior perda por efluentes ($P<0,0001$). A recuperação da matéria seca ($P<0,0001$) variou de 70,0 a 96,5 g kg⁻¹ para as silagens de gergelim e milho, respectivamente. O teor de matéria seca ($P=0,0002$) nas silagens variou de 280,0 a 429,4 g kg⁻¹. A fração solúvel da MS ($P<0,0001$) na silagem de milho apresentou maior quantidade da fração solúvel. A silagem de gergelim apresenta quantidades de perdas e parâmetros fermentativos semelhantes aos encontrados na silagem de milho e girassol. A silagem de gergelim apresenta conteúdo moderado de MS, excelente conteúdo de PB e NDT, e baixo teor de lignina. A silagem de gergelim apresenta grande taxa de degradabilidade de MS e foi semelhante ao milho e ao milheto que apresentam grande potencial nutritivo para a dieta dos ruminantes.

Palavras-chave: alimentação, ensilagem, potencialmente degradável, *Sesamum indicum* L., taxa de degradação

Fermentation parameters, chemical composition and *in situ* degradability of sesame silage compared to usual silages

Abstract

The objective was to evaluate the fermentation parameters, chemical composition and *in situ* degradability of sesame silage in comparison to usual silages. The losses, fermentation quality and chemical composition of the forages and silages from 2014's harvest were evaluated using a completely randomized design with four treatments (sesame, corn, millet and sunflower) and four replicates per treatment. The silages were produced in 3.0-kg experimental silos and opened after 28 days. *In situ* degradability was evaluated using a completely randomized design with four treatments and three replicates (animals) per treatment. Three rumen fistulated Santa Inês non-castrated male sheep were used. Sunflower and corn silages presented higher percentages losses through gases ($P=0.0256$). Millet silage presented higher losses by effluent ($P<0.0001$). Dry matter recovery ($P<0.0001$) ranged from 70.0 to 96.5 g kg⁻¹ for sesame and corn silage, respectively. The dry matter content ($P=0.0002$) in the silages ranged from 280.0 to 429.4 g kg⁻¹. Corn silage presented higher concentration of soluble fraction of DM ($P<0.0001$). The sesame silage presents loss amounts and fermentation parameters similar to those found in corn and sunflower silage. Sesame silage has moderate DM content, excellent CP and TDN contents, and low lignin content. Sesame silage presents a high degradability rate of DM and was similar to corn and millet which present great nutritional potential for ruminant diet.

Keywords: degradability rate, feeding, ensiling, potentially degradable, *Sesamum indicum* L.

1-Introdução

Em decorrência da estacionalidade das pastagens no período seco, as forrageiras tropicais não fornecem quantidades de nutrientes suficientes para os índices produtivos dos animais. Desta forma, são necessárias alternativas que atendam à demanda de volumosos nesse período, como a produção de silagem (Monteiro *et al.*, 2016). Com isso, o armazenamento do excesso de forragem proveniente do período chuvoso para utilização no período seco constitui uma estratégia viável para pecuária.

Os processos de conservação de forragem apresentam frequentemente perdas de nutrientes de diversas proporções e eventualmente essas perdas ocorrem ao longo do período de ensilagem (Valença *et al.*, 2016). As perdas na forma de gases e efluente muitas vezes estão relacionadas às características das plantas ensiladas. A presença de efluente no silo é indesejável e deve ser evitado para não ocasionar prejuízos no processo fermentativo, como o aumento da proteólise e o estabelecimento de bactérias do gênero *Clostridium* (Dunière *et al.*, 2013).

No entanto, nas regiões tropicais caracterizam-se pela irregularidade de chuvas e as espécies forrageiras usuais apresentam grandes dificuldades para serem produzidas e utilizadas na forma de silagem para alimentação de ruminantes. Assim, o milho é o mais utilizado (*Zea mays* L.) seguindo pelo milheto (*Pennisetum glaucum*) e girassol (*Helianthus annuus* L.). Sendo que o milho a espécie considerada padrão para ensilagem apresenta elevada dependência em regularidade pluvial do que outras espécies alternativas. Deste modo, o gergelim (*Sesamum indicum* L.) que é considerado resistente à seca, muito cultivado no nordeste pela agricultura familiar para extração de óleo vegetal, consumo humano e animal (Oliveira *et al.*, 2010), pode ser uma opção para ensilagem.

No entanto, não se tem estudos do gergelim na alimentação animal, existem indícios empíricos de ovinos e caprinos alimentando-se desta planta emurchecida. Contudo, essa planta poderá ser fornecida na alimentação de ruminantes na forma conservada garantindo assim uma maior segurança alimentar para os períodos de escassez alimentar na pecuária das regiões com irregularidade pluviiais acentuadas. Diante disso, hipotetiza-se que a silagem de gergelim poderá ser opção as silagens comumente cultivadas e já consagradas como espécies forrageiras com potencial para ensilar.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os parâmetros fermentativos, composição química e degradabilidade *in situ* da silagem de gergelim em comparação a silagens de milho, milheto e girassol.

2-Materiais e métodos

2.1-Considerações éticas, condições locais e desenho experimental

O trabalho foi realizado conforme as recomendações descritas no Guia do Conselho Nacional de Controle de Experiências em Animais (CONCEA). O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentos com Animais da Universidade Federal do Piauí, Estado do Piauí com Número de Permissão: 016-14.

O experimento foi realizado no período de janeiro de 2014 a abril de 2014 na Unidade de Pesquisa de Pequenos Ruminantes do Colégio Técnico da Cidade de Bom Jesus, Piauí, localizada no *Campus* do Professor Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí. O município está situado a uma latitude de 09°04'28 "S e longitude 44° 21'31" W e tem uma altitude de 277 m. O clima é caracterizado como quente e semiúmido, com uma temperatura mínima de 18 ° C, temperatura máxima de 36 ° C, e precipitação média de 900 mm.

Realizaram-se dois experimentos: no primeiro foram avaliadas as perdas, qualidade fermentativa e composição química das forrageiras e silagens na safra 2014 utilizando o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (gergelim, milho, milho e girassol) e quatro repetições por tratamento. As silagens foram produzidas em silos experimentais de 3,0 kg e foi aberta após 28 dias. No segundo experimento foi avaliada a degradabilidade *in situ* utilizando um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (silagens de: gergelim, milho, milho e girassol) e três repetições (animais) por tratamento. Foram utilizados três ovinos machos não castrados da raça Santa Inês fistulados no rúmen.

2.2-Qualidade fermentativa e perdas

As espécies foram cultivadas no Campo Agrostológico da UFPI/CPCE. A área experimental foi de 143 m² sendo dividido em 16 parcelas com 5m² cada, separadas por espaços não cultivados com 1 m de largura. Foram semeadas 20 sementes/metro linear. A adubação foi realizada de acordo a análise do solo. As quantidades aplicadas foram: 70 kg de ureia ha⁻¹, 40 kg de superfosfato simples ha⁻¹ e 60 kg de cloreto de potássio ha⁻¹. O tempo de colheita variou de uma espécie para outra. O milho foi coletado com 115 dias, milheto e girassol 105 dias e o gergelim com 154 dias. O milho, milheto e girassol, suas colheitas foram realizadas quando os seus grãos chegaram a um estágio de farináceo, e o gergelim a sua colheita foi realizado quando os seus grãos estavam no estágio de grão leitoso.

Para avaliação de pH, nitrogênio amoniacal, perdas por gases, perdas por efluentes, recuperação da matéria seca e composição química das silagens foram confeccionados 16 silos

experimentais, utilizando-se baldes de aproximadamente três quilogramas, vedados e com uma válvula tipo Bunsen adaptada em sua tampa, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. No fundo de cada balde foi depositado um quilograma de areia, separados da forragem por uma camada de tecido de algodão, sendo possível medir a quantidade de efluentes retida. Em cada silo foi colocada uma quantidade correspondente à densidade de 600 kg m^{-3} para obter uma boa compactação da massa ensilada. Os silos foram abertos 28 dias após a ensilagem e as camadas superior e inferior (aproximadamente 10 cm) da silagem foram descartados para maior confiabilidade de amostragem. O material de silo central foi removido e colocado num saco de plástico para homogeneização. Em seguida, foram colhidas amostras de 500 g de cada unidade experimental para análise.

Para analisar o pH, as amostras de silagem foram coletadas após o período de armazenamento do silo (28 dias após o fechamento do silo). Em seguida, pesaram-se 100 g de silagem fresca num copo e adicionaram-se 60 ml de água e deixou-se repousar durante 30 minutos, após mediu-se o pH utilizando um pHmetro. A amostra (100 g) foi triturada com 600 ml de água destilada e centrifugada durante 20 minutos a 3000 rpm num tubo de centrífuga (Kjeldahl). Em seguida, misturou-se 20 ml da amostra centrifugada com 20 ml de KOH e 50 ml de água destilada, após a foi realizada a destilação utilizando um aparelho de micro-Kjeldahl baseado na técnica PB (sem neutralização com NaOH) e finalmente, a titulação com H_2SO_4 0,02 N foi realizada para determinar a concentração de amônia (NH_3) (Mizubuti *et al.*, 2009).

As equações descritas por Zanine *et al.* (2010) foram utilizados para obter os valores de perda de matéria seca da silagem sob a forma de gases e efluentes e a recuperação da matéria seca. As perdas de matéria seca na silagem sob a forma de gases foram quantificadas utilizando a diferença de peso. As perdas de gás foram calculadas de acordo com a seguinte equação:

$$PG = (\text{PSF} - \text{PSA}) / (\text{MFF} \times \text{CMS}) \times 100, \text{ em que:}$$

PG= perdas de gás (g kg^{-1}); PSF= peso do silo completo no fechamento (kg); PSA= peso do silo completo na abertura (kg); MFF= massa de forragem ao fechamento (kg); CMS= concentração de matéria seca de forragem no fechamento (g kg^{-1}).

As perdas de efluentes foram calculadas utilizando na seguinte equação, com base na diferença de peso da areia e na massa de matéria verde (MV) no fechamento:

$E = [(\text{PSVA} - \text{PS}) - (\text{PSVF} - \text{PS})] / \text{MFF} \times 100$, em que: E= perdas de efluente (g kg^{-1}); PSVA= peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg); PS= peso do silo vazio (kg); PSVF = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg); e MFF= massa de forragem ao fechamento (kg).

A seguinte equação foi utilizada para calcular a recuperação da matéria seca:

$RMS = (MFA \times MSA) / (MFF \times MSF) \times 100$, em que RMS= taxa de recuperação de matéria seca ($g\ kg^{-1}$); MFA= massa de forragem na abertura (kg); MSA= matéria seca ($g\ kg^{-1}$) na abertura; MFF= massa de forragem ao fechamento (kg); MSF= matéria seca ($g\ kg^{-1}$) no fechamento.

2.3-Composição química

A composição química foi realizada apenas na safra 2014. As amostras pré-secas foram trituradas em moinho estacionário de facas Willey Mill (Tecnal®, Piracicaba-SP), com peneira de malha de 1,0 mm (Método 967.03-AOAC, 1990) e acondicionadas e seladas em potes de plástico descartável de 250 ml (Prafesta®, Mairiporã-SP) para alimentos, redondo com tampa.

Foram feitas as análises laboratoriais dos teores de matéria seca, proteína bruta (PB) (Método 981.10-AOAC, 1990), cinzas (CZ) (Método 942.05-AOC, 1990), extrato etéreo (EE) (Método 920.29-AOAC, 1990). Para determinar o conteúdo de Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA), a metodologia de Van Soest *et al.* (1991) com as modificações que foram propostas no manual do dispositivo Ankon (Ankon Technology Corporation, Macedon, Nova Iorque, EUA). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram determinados com a seguinte equação Mertens *et al.* (1997): $CNF = 100 - (PB + FDN + CZ + EE)$. O resíduo de FDA foi subsequentemente analisado para lignina por solubilização de celulose com ácido sulfúrico de acordo com (AOAC, 2002). A hemicelulose foi calculada pela a diferença entre o FDN e FDA e o teor de celulose pela diferença entre o FDA e a lignina. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados de acordo a equação proposta por Capelle *et al.* (2001): $NDT = 99,39 - 0,7641 \times FDN$.

2.4-Degradabilidade *in situ*

Para a determinação da degradabilidade *in situ* foram utilizados três ovinos machos não castrados da raça Santa Inês com aproximadamente 14 meses de idade e peso médio de $45\ kg \pm 4,0\ kg$. Os ovinos foram cânulados no rúmen com fístulas permanentes e mantidas em baias individuais. Os animais foram submetidos a um período de adaptação de 14 dias, durante o qual foi fornecido alimentação individual de concentrado e silagem de milho numa relação de volumoso:concentrado de 40:60 duas vezes por dia. A água estava disponível para os animais *ad libitum*. As amostras das silagens de milho, milheto, girassol e gergelim foram colocadas em sacos do tipo TNT (gramatura de 100 mm, $15 \times 8\ cm$) numa quantidade de aproximadamente 24 mg MS, referente a aproximadamente $20\ mg\ MS\ cm^{-2}$ de área de superfície no saco (Nocek, 1988). Foram utilizados períodos de incubação de 0, 6, 12, 24, 48, 72, e 96 horas. Os sacos

foram colocados em ordem inversa e triplicados para remoção simultânea e para promover uma lavagem uniforme do material no momento da remoção do rúmen. Após cada período de incubação, os sacos foram removidos do rúmen, lavados cuidadosamente com água corrente e destilada, posteriormente foram secos. A determinação do MS foi realizada em estufa de circulação forçada de ar a 65 ° C durante 72 h com base nas recomendações da AOAC (Método 967.03-AOAC, 1990).

A degradabilidade *in situ* da MS, PB e FDN foi determinada utilizando a diferença de peso para cada componente entre a pesagem realizada antes e depois da incubação ruminal e foi expressa como uma percentagem. Após a obtenção dos coeficientes A, B e c, foram inseridos na equação proposta por Ørskov e McDonald (1979) para calcular a degradabilidade: $DP = A + B \times (1 - e^{-ct})$, em que DP= fração degradada no tempo t ($g\ kg^{-1}$); A= fração solúvel (%); B= fração insolúvel potencialmente degradável ($g\ kg^{-1}$); c= taxa de degradação da fração B (h^{-1}); e t= tempo (h). Os parâmetros não lineares A, B e c foram estimados utilizando-se procedimentos iterativos de Gauss-Newton. Após a determinação dos parâmetros do modelo, calculou-se a degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) no rúmen foi calculada utilizando-se o modelo: $DE = A + (B \times c / c + k)$, em que k corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen, as quais foram utilizadas: 2; 5 e 8 horas, simulando taxas de passagem baixa, média e alta, respectivamente.

2.5-Desenho estatístico

Os resultados foram avaliados estatisticamente por análise de variância pelo teste Tukey com nível de 0,05 de probabilidade utilizando o software SISVAR® 5.6, (2011). O pH, nitrogênio amoniacal (NH_3), perdas (gases e efluentes), recuperação da matéria seca e composição química das silagens foram analisados utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos que foram os tipos de silagens (silagem de milho, silagem de milheto, silagem de girassol e silagem de gergelim) e 4 repetições (n= 16).

Os dados de degradabilidade foram analisados por meio de análise de variância para um projeto de parcelas subdivididas no tempo, onde as silagens representaram as parcelas principais e os tempos de incubação (0, 6, 12, 24, 48, 72, 96 h) representaram as subparcelas. As curvas de degradação da MS, PB e FDN das silagens foram submetidas a ajustes pelos respectivos modelos, o que resultou nas estimativas dos parâmetros analisados. As médias das frações foram comparadas pela análise de variância no teste Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade utilizando o software SISVAR® 5.6, (2011).

3-Resultados

3.1-Qualidade fermentativa e perdas das silagens

As silagens de girassol e milho apresentaram maiores quantidades de perdas por gases ($P=0,0256$) e as silagens de gergelim e milheto as menores quantidades dessa variável (Tabela 2). A silagem de milheto apresentou maior perda por efluentes ($P<0,0001$). Com relação à recuperação da matéria seca variou de 70,0 a 96,5 g kg⁻¹ para as silagens de gergelim e milho respectivamente. A silagem de girassol apresentou maior valor de pH (4,95), superior as demais silagens que foram semelhantes. As silagens de gergelim e milheto apresentaram maiores teores de N-NH₃, enquanto as silagens de milho e girassol menores valores de pH.

3.2-Composição química das silagens

Os teores de matéria seca ($P=0,0002$) nas silagens variaram de 280,0 a 429,4 g kg⁻¹, não havendo diferença entre as silagens de milheto, girassol e gergelim (Tabela 3). A silagem de girassol obteve maior valor de cinzas ($P<0,0001$) e diferiu das silagens de milho, milheto e gergelim que apresentaram teores de 53,1, 52,5 e 44,7 g kg⁻¹.

As silagens de milho e milheto apresentam maiores quantidades de FDN ($P<0,0001$) e FDA ($P<0,0001$) quando comparadas com as silagens de gergelim e girassol (Tabela 3). Com relação a PB houve uma variação ($P<0,0001$) de 59,2 g kg⁻¹ para silagem de milho a 152,6 g kg⁻¹ para silagem de girassol. O teor de extrato etéreo ($P<0,0001$) foi superior nas silagens de girassol e gergelim. As silagens estudadas não diferiram ($P=0,0942$) para os carboidratos não fibrosos (CNF).

O teor de lignina ($P<0,0001$) variou de 25,5 a 67,6 g kg⁻¹ entre as silagens. No entanto, as silagens de milho e gergelim não diferiram para essa variável (Tabela 3). A silagem de milheto e gergelim apresentaram as maiores concentrações de celulose ($P=0,0006$). As silagens de milho e milheto foram as que apresentam os maiores teores de hemicelulose ($P<0,0001$). Em relação ao teor de nutrientes digestíveis totais ($P<0,0001$) variou de 413,9 a 613,4 entre as silagens, com destaque para as silagens de girassol e gergelim que apresentaram as maiores concentrações para esta variável.

3.3-Degradabilidade *in situ*

A silagem de milho apresentou a maior quantidade de fração solúvel da MS ($P<0,0001$) e a silagem de milheto a menor com teores de 258,2 e 185,9 g kg⁻¹ respectivamente (Tabela 4). Os teores da fração insolúvel potencialmente degradável ($P=0,0117$) da MS diferiram entre as silagens, com destaque para as silagens de milheto e gergelim que apresentaram de 814,0 e 711,5

g kg⁻¹ respectivamente. Quanto à taxa de degradação ruminal da MS ($P=0,0588$) a silagem de girassol apresentou superioridade às demais silagens. As maiores degradabilidade efetiva da MS nas taxas de passagem 2%, 5% e 8% foram nas silagens de milho e gergelim.

Não houve diferença entre as silagens para fração solúvel da PB ($P=0,2083$) (Tabela 4). No entanto, para fração insolúvel potencialmente degradável ($P=0,0017$) da PB a silagem de milho obteve maior teor (711,6 g kg⁻¹). A silagem de gergelim apresentou menor teor (443,3 g kg⁻¹) da fração B. Com relação fração c da PB ($P=0,0042$), as silagens de girassol e gergelim apresentaram valores superiores às silagens de milho e milho.

Na degradabilidade efetiva da PB com uma taxa de passagem 2% ($P=0,0009$) as silagens diferiram para esta variável. No entanto, DE 5% da PB ($P=0,0008$) variou de 388,6 a 443,6 g kg⁻¹ nas silagens. Enquanto que a DE 8% ($P=0,0021$) da PB, a silagem de gergelim foi superior às demais silagens. A fração solúvel ($P=0,0622$), a fração insolúvel potencialmente degradável ($P=0,3726$), taxa de degradação ($P=0,4547$) e degradabilidade efetiva nas taxas de passagem 5% ($P=0,8631$) e 8% ($P=0,8587$) da FDN não diferiram entre as silagens estudadas (Tabela 4). No entanto, DE 2% ($P=0,0046$) apresentou menor teor na silagem de milho.

As Figuras 1, 2 e 3 traçam o desaparecimento da MS (g kg⁻¹), PB (g kg⁻¹) e FDN (g kg⁻¹), respectivamente, da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais estudadas ao longo dos tempos de incubação (h). As silagens de milho, milho, girassol e gergelim apresentaram curvas com comportamento semelhantes, indicando um comportamento linear crescente para o desaparecimento da MS, PB e FDN.

4-Discussão

4.1-Qualidade fermentativa e perdas das silagens

Os maiores valores para perdas por gases nas silagens de girassol e milho podem ter ocorrido devido à fermentações indesejáveis proporcionadas por microrganismos produtores de gases como, enterobactérias e bactérias clostrídicas (Edvan *et al.*, 2013). Fato que não deve ter ocorrido nas silagens de gergelim e milho que apresentaram menores perdas.

A silagem de milho apresentou maior perda por efluentes, isto ocorreu porque no momento do corte a planta tinha um elevado teor de umidade, o que não foi observado nas silagens de milho, girassol e gergelim (Tabela 1). Os efluentes em silagem também é fonte de perdas, com maior ocorrência em silagens que apresentaram alto teor de umidade (Rego *et al.*, 2012), em situações em que não é possível atingir o teor de MS requerido. Já a silagem de milho apresentou menor perda por efluentes, isto ocorreu devido à planta já esta em um período de maturação avançado e apresentou no momento da ensilagem 404,50 g kg⁻¹ de MS. O gergelim

apresentou no momento da ensilagem 251,70 g kg⁻¹ de MS, valor esse considerado adequado por alguns autores (Mota *et al.*, 2011).

Com relação à recuperação da matéria seca a silagem de milho foi a que obteve maior eficiência apresentando menor perda de matéria seca seguida das silagens de gergelim e girassol, esse fato esta relacionada às menores perdas (gases e efluentes). No entanto a silagem de milho apresentou menor recuperação de MS.

A silagem de girassol apresentou pH (4,95), superior as demais silagens, isso pode ter sido devido ao teor de MS que dificulta a compactação permitindo uma maior presença de ar, favorecendo a colonização de bactérias aeróbicas prejudicando a fermentação. No entanto, os aspectos de qualidade, como cor e cheiro estavam satisfatórios no momento da abertura dos silos. Pinho *et al.*, (2013), relataram que valores de pH entre 3,8 e 4,2 são considerados adequados às silagens bem conservadas, pois nessa faixa se tem a restrição das enzimas proteolíticas da planta e de enterobactérias e clostrídeos. Assim as silagens de milho, milho e gergelim que não apresentaram diferenças, estão dentro do preconizado como ideal.

Com relação à concentração de N-NH₃ as silagens de gergelim e milho apresentaram maiores teores dessa variável. No entanto, entre as espécies forrageiras estudadas, todas apresentaram teores adequados variando de 53,3 a 88,5 g kg⁻¹, pois teores superiores a 100 g kg⁻¹ são indicativos de proteólise intensa e fermentações indesejadas no processo de fermentação da silagem que é indesejável (Pacheco *et al.* 2015).

4.2-Composição química das silagens

As silagens de gergelim, girassol e milho apresentaram teores de matéria seca superiores em relação à forragem antes de ensilar. Esse fato pode ter ocorrido nas silagens devido as maiores perdas por efluentes (Ribeiro *et al.*, 2010). O maior conteúdo de cinzas (CZ) foi na silagem de girassol. No entanto, isso pode ser resultado do elevado teor de sílica ou contaminantes inorgânicos (areia) que não teria aproveitamento pelos animais (Possenti *et al.*, 2005).

Os maiores conteúdos de FDN e FDA das silagens de milho e milho pode esta relacionado com o estagio fenológico da planta que momento da ensilagem. Isso representa um ponto negativo para nutrição animal, uma vez que a alta concentração de FDN das dietas tem sido apontada como um dos principais reguladores do consumo por sua lenta degradação e reduzida taxa de passagem (Arcari *et al.*, 2016). No entanto, foram observados valores inferiores somente na silagem de girassol. No que diz respeito aos elevados teores de FDA vários fatores contribuíram, entre eles a elevada quantidade de material morto e colmo ou caule. Os menores

conteúdos de FDA nas silagens de girassol, gergelim e milho demonstram melhoras na qualidade das silagens, pois a composição desta fibra é basicamente celulose e lignina.

As silagens de milho e gergelim apresentaram menores valores de lignina e celulose, o que pode aumentar a disgestibilidade dessas silagens. Assim, o teor de lignina é considerado o principal fator da planta envolvido na redução da digestibilidade das forragens (Pholsen *et al.*, 2016). Outro ponto positivo das silagens de milho e gergelim foram os baixos conteúdos de hemicelulose, pois quando a forrageira possui alto teor de hemicelulose, seus componentes fibrosos da parede celular estão elevados, dificultando o consumo e a digestibilidade do alimento (Silva *et al.*, 2015). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) das silagens estudadas foram considerados baixos. Quando as silagens possuem teores menores que 100 g kg^{-1} de CNF ocorre diminuição na formação dos ácidos orgânicos responsáveis pela conservação do material ensilado. Esse fato pode ter ocorrido devido à baixa quantidade de amido e açúcares no material ensilado.

Com relação à proteína bruta (PB) e estrato etéreo (EE) foram observados maiores valores nas silagens de girassol e gergelim. Este fato é explicado porque as silagens de gramíneas tropicais constituem baixos conteúdos desses nutrientes, o que constitui limitação ao seu uso exclusivo, principalmente para animais de alta exigência nutricional (Melo *et al.*, 2016). As silagens de girassol e gergelim tiveram maiores quantidades de nutrientes digestíveis totais. No entanto, este fato está relacionado diretamente com os teores de FDN que foram inferiores nessas silagens influenciando positivamente os níveis energia do alimento.

4.3-Degradabilidade *in situ*

Os maiores teores da fração (A) na MS foram encontrados na silagem de milho. Isto ocorreu provavelmente devido a uma melhor qualidade dos carboidratos não fibrosos. Assim, forragens mais digestíveis apresentam valores altos de fração solúvel.

A fração insolúvel potencialmente degradável (B) da MS foi maior nas silagens de milho e gergelim, provavelmente por terem apresentado menores valores de fração A, já que essas silagens apresentaram menores valores de fração A quando comparados à silagem de milho. No que diz respeito a taxa de degradação (*c*) da MS as silagens de milho, girassol e gergelim maiores taxas de degradação. Indicando que esses materiais necessitam de menos tempo dentro do rúmen para que o seu potencial máximo de degradação seja atingido (Tagawa *et al.*, 2017). As silagens de milho e gergelim obtiveram maiores valores de degradabilidade efetiva (DE) da MS nas taxas de passagens 2%, 5% e 8% por hora. Esses resultados sugerem um melhor

valor nutritivo dessas silagens quando comparadas às outras silagens avaliadas (Silva *et al.*, 2014).

A fração solúvel da PB foi semelhante nas silagens estudadas. Esse resultado mostra que a fração proteica das silagens é lentamente disponibilizada para o animal (Miyaji *et al.*, 2017). No entanto, as menores concentrações da fração (A) podem estar relacionada com altos valores das frações (B).

Com relação às frações potencialmente degradáveis (B) da PB, a silagem de gergelim apresentou menor concentração. No entanto, o teor da fração degradável foi sempre maior comparado à fração solúvel, em função da maior solubilidade da PB (Geraseev *et al.*, 2011).

Os teores da fração A da FDN foi diferente ao apresentado para a fração B FDN, uma vez que as frações FDN das silagens podem apresentar alta solubilidade em água. A degradabilidade efetiva para as silagens nas taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h podem ser consideradas boas quando comparadas às verificadas em silagens de outras culturas (Ferreira *et al.*, 2016). Assim, concentrações mais baixas de degradação efetiva da FDN em é indicativo que a planta deve ser ensilada mais nova.

A degradabilidade da matéria seca das silagens estudadas no tempo zero (0h) ficou em torno de 22% para todas as silagens. No entanto, com o passar do tempo aumentou de forma mais rápida até às 48h, momento onde se observa o ponto de inflexão da curva de degradação e tendendo a estabilizar a partir das 72h (Figura 1). O potencial máximo de degradação da MS de todas as silagens foi obtido com 96 horas. As silagens de milho e gergelim apresentaram maiores desaparecimento da MS, este fato pode ter ocorrido devido a maior degradação potencial nestas silagens em relação às silagens de milheto e girassol. Após 96 horas de incubação ruminal, os valores de degradação da MS são elevados (acima de 600 g kg^{-1}), no entanto, não é observado estabilização da degradabilidade das silagens, demonstrando que as silagens ainda possuíam potencial de degradação após as 96 horas. Portanto, Pires *et al.* (2010) observaram valores para degradabilidade da MS nas silagens de milho e sorgo semelhantes ao presente trabalho (74,4 e $754,0 \text{ g kg}^{-1}$).

Para a degradabilidade da proteína bruta, diferenças não foram verificadas até as 6 h de incubação entre as silagens. Porém, a partir desse momento, as silagens de girassol e gergelim se sobressaíram em relação às silagens de milho e milheto. No entanto, a silagem de gergelim foi superior à silagem de girassol até às 24 horas, a partir desse ponto a silagem de girassol apresenta maior desaparecimento da PB. Assim, o potencial máximo de degradação da PB das silagens foi obtido com 96 horas de incubação. Porém, foi observado que as silagens de girassol e gergelim apresentaram estabilização com 72 horas. No entanto, não é observada estabilização

do desaparecimento da PB nas silagens de milho e milheto, demonstrando que ainda possuíam potencial de degradabilidade após as 96 horas.

A degradabilidade da FDN nas silagens estudadas no tempo zero (0h) foi considerada zero (0%), pois os constituintes da parede celular onde está a fração fibrosa do alimento são insolúveis em água, portanto, não se tem perdas significantes de FDN na hora zero, pois, os sacos são apenas lavados em água corrente (Jobim *et al.*, 2011).

A partir de 6 h de incubação, a degradação da FDN aumentou de forma crescente até as 48 h, onde se encontra o ponto de inflexão da curva para todas as silagens (Figura 3). A silagem de gergelim apresentou maior degradação de FDN que as demais silagens até as 48 h de incubação, a partir desse ponto, permaneceu superior sem atingir a estabilização de desaparecimento, obtendo o maior potencial de degradação da FDN (519,9 g kg⁻¹) no tempo 96h quando comparada as silagens de milho, milheto e girassol. Demonstrando que a silagem de gergelim ainda possuía potencial de degradabilidade após as 96 horas. No entanto, foi observado que as silagens de milho, milheto e girassol apresentaram estabilização com 72 horas e obtiveram potencial de desaparecimento máximo (450,0 g kg⁻¹) às 96h.

5-Conclusão

A silagem de gergelim apresenta perdas e parâmetros fermentativos semelhantes aos encontrados na silagem de milho e girassol, o que caracteriza uma excelente alternativa para ensilagem.

A silagem de gergelim apresenta conteúdo moderado de MS, excelente conteúdo de proteína bruta e de nutrientes digestíveis totais, baixo teor de lignina, em comparação com as silagens usuais, sendo uma alternativa de alimentação para ruminantes nas regiões tropicais e subtropicais em períodos de menor disponibilidade de alimentos porque apresenta tolerância à seca e fácil cultivo.

A silagem de gergelim apresenta grande taxa de degradabilidade de MS e foi semelhante ao milho e ao milheto que apresentam grande potencial nutritivo para a dieta dos ruminantes.

6-Referências

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990) Official Methods of Analysis. 15th edn. AOAC, Virginia, 1–684.
- AOAC. (2002). *Official Methods of Analysis*, sixteenth ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Arcari M.A., Martins C.M.M.R., Tomazi T. e Santos M.V. (2016). Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, **53**, 60–71.
- Capelle E.R., Valadares Filho S.C., Silva J.F.C., e Cecon P.R. (2001). Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **30**, 1837–1856.
- Dunière L., Sindou J., Chaucheyras-Durand F., Chevallier I., and Thévenot-Sergentet D. (2013). Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal feed science and technology*, **182**, 1–15.
- Edvan R.L., Carneiro M.S.S., Coutinho M.J.F., Silva E.B., Oliveira G.S., Silva M.S.M. and Albuquerque D.R. (2013). Losses and bromatological composition of gliricidia silage with different levels of mesquite pods. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, **7**, 63–68.
- Ferreira A.C.H., Rodriguez N.M., Neiva J.N.M., Pimentel P.G., Gomes S.P., Campos W.E., Lopes F.C. F., Mizubuti I.Y. e Moreira G.R. (2016). In situ degradability of elephant grass ensiled with increasing levels of pineapple agro-industrial byproduct. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, **37**, 2807–2818.
- Geraseev L.C., Ribeiro F.L.A., Bonfá H.C., Rufino L.M.A., Ribeiro Júnior C.S. e Duarte E.R. (2011). Cinética da degradação ruminal de dietas contendo farelo de casca de pequi. *Revista Ciência Rural*, **41**, 1626–1631.
- Jobim C.C., Ferreira G.A., Bumbieris Junior V.H., Calixto Junior M., e Santos G.T. (2011). Cinética de degradação ruminal dos fenos de alfafa e Tifton-85 e da silagem de milho. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, **32**, 747–758.
- McDonald P. (1981). *The biochemistry of silage*. New York: John Willey & Sons, 1–226.
- Mehrez A.S. and Orskov E.R. (1977). A study of artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal Agricultural Science*, **88**, 645–650.
- Melo M.J.A.F., Backes A.A., Fagundes J.L., Melo M.T., Silva G.P. e Freire A.P.L. (2016). Características fermentativas e composição química da silagem de capim Tanzânia com aditivos. *Revista Boletim Industria Animal*, **73**, 189–197.

- Mertens D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **80**, 1463–1481.
- Miyaji M., Matsuyama H. and Nonaka K. (2017). Effect of ensiling process of total mixed ration on fermentation profile, nutrient loss and in situ ruminal degradation characteristics of diet. *Animal Science Journal*, **88**, 134–139.
- Mizubuti I.Y., Pinto A.P., Pereira E.S. and Oliveira B.M. (2009). *Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para ruminantes*. Londrina: EDUEL. 1–226.
- Monteiro I.J.G., Abreu J.G., Cabral L.S., Almeida R.G., Reis R.H.P., Neto A.B., Cabral C.E.A., Barros L.V., Avelino A.C.D. e Penso S. (2016). Ensiling of elephant grass with soybean hulls or rice bran. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, **37**, 4203–4212.
- Mota Á.D.S., Rocha Júnior V.R., Souza A.S., Reis S.T., Tomich T.R., Caldeira L.A., Menezes G.C.C., e Costa M.D. (2011). Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **40**, 1466–1473.
- Nocek J.E. (1988). In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, **71**, 2051–2069.
- Oliveira L.B., Pires A.J.V., Carvalho G.G.P., Ribeiro L.S.O., Almeida V.V. e Peixoto C.A.M. (2010). Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **39**, 61–67.
- Ørskov E.R. and McDonald I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal Agricultural Science*, **92**, 449–453.
- Pacheco W.F., De Souza Carneiro M.S., Pinto A.P., Edvan R.L., De Arruda P.C.L. and Do Carmo A.B.R. (2015). Fermentation losses with elephant grass silage (*Pennisetum purpureum* Schum.) With increasing levels of gliricídia hay (*Gliricidia sepium*). *Acta Veterinaria Brasílica*, **8**, 155–162.
- Pholsen S., Khota W., Pang H., Higgs D. and Cai Y. (2016). Characterization and application of lactic acid bacteria for tropical silage preparation. *Animal Science Journal*, **87**, 1202–1211.
- Pinho R.M.A., Santos E.M., Rodrigues J.A.S., Macedo C., Henrique O., Campos F.S., Ramo J.P.F., Bezerra H.F.C., Perazzo A.F. (2013). Avaliação de genótipos de milheto para silagem no semiárido. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, **14**, 426–436.
- Possenti R.A., Ferrari Junior E., Bueno M.S., Bianchini D., Leinz F.F. e Rodrigues C.F. (2005). Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. *Revista Ciência Rural*, **35**, 1185–1189.

- Pires A.J.V., Reis R.A., Carvalho G.G.P., Siqueira G.R., Bernardes T.F., Ruggieri A.C., Roth M.T.P. (2010). Degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*, Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, **62**, 391–400.
- Rego F.C.A., Ludovico A., Silva L.C., Lima L.D., Santana E.W., Françoço M.C. (2012). Perfil fermentativo, composição bromatológica e perdas em silagem de bagaço de laranja com diferentes inoculantes microbianos. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, **33**, 3411–3420.
- Ribeiro L.S.O., Pires A.J.V., Carvalho G.G.P., Santos A.B., Ferreira A.R., Bonomo P., e Silva F.F. (2010). Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia ou hidróxido de sódio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **39**, 1911–1918.
- Silva G.W.V., Rocha Júnior V.R., Rocha W.J.B., Reis S.T., Pires D.A.A., Antunes A.P.S., Almeida Filho S.H.C., Oliveira L.M., Caldeira L.A. e Souza V.M. (2014). Degradabilidade *in situ* das silagens de variedades de cana-de-açúcar com aditivos. *Archivos de Zootecnia*, **63**, 171–182.
- Silva M.D.A., Carneiro M.S.S., Pinto A.P., Pompeu R.C.F.F., Silva D.S., Coutinho M.J.F. e Fontenele R.M. (2015). Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, **36**, 571–578.
- Sniffen C.J., O'Connor J.D., Van Soest P.J., Fox D.G. and Russell J.B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal science*, **70**, 3562–3577.
- Tagawa S., Yoshida N., Iino Y., Horiguchi K., Takahashi T., Watanabe M., Takemura K., Ito S. and Mikami T. (2017). The effect of pelleting on *in situ* rumen degradability of compound feed containing brown rice for dairy cows. *Animal Science Journal*, **88**, 185–189.
- Valença R.L., Ferreira A.C.D., Santos A.C.P., Silva B.C.D., Santos G.R.A. e Oliveira E.S. (2016). Composição química e perdas em silagem de bagaço de laranja pré-seco. *Revista Boletim Industria Animal*, **73**, 206–211.
- Van Soest P.J., Robertson, J.B. and Lewis B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3583–3597.
- Zanine A.D.M., Santos E.M., Dórea J.R.R., Dantas P.A.D.S., Silva T.C.D. and Pereira O.G. (2010). Evaluation of elephant grass with addition of cassava scrapings. *Revista Brasileira de Zootecnia*. **39**, 2611–2616.

Zhang Q., Yu Z., Yang H. and Na R.S. (2016). The effects of stage of growth and additives with or without cellulase on fermentation and in vitro degradation characteristics of *Leymus chinensis* silage. *Grass and Forage Science*, **71**, 595–606.

Tabela 1 Composição química das forrageiras utilizadas na produção de silagem na formulação dos tratamentos e no ensaio de degradabilidade.

Nutrientes (g kg ⁻¹ MS)	Espécies			
	Milho	Milheto	Girassol	Gergelim
Matéria seca	404,5	175,4	196,5	251,7
Cinzas	57,5	79,8	79,0	60,8
FDN ¹	699,9	738,4	441,7	562,4
FDA ²	341,7	439,0	347,7	369,9
Proteína bruta	66,7	91,5	167,2	117,7
Extrato etéreo	16,5	15,0	146,1	105,4
CNF ³	159,2	75,0	123,8	153,5
Lignina	27,6	59,0	42,0	31,4
Celulose	314,1	380,0	305,7	338,5
Hemicelulose	358,2	299,4	94,0	192,5
NDT ⁴	459,0	429,6	656,3	564,1

¹FDN= Fibra em detergente neutro (g kg⁻¹ da MS); ²FDA= Fibra em detergente ácido (g kg⁻¹ da MS); ³CNF= Carboidratos não fibrosos (g kg⁻¹ da MS); ⁴NDT= Nutrientes digestíveis totais, calculado (g kg⁻¹ da MS da MS).

Tabela 2 Valores médios de perdas, recuperação da matéria seca (RMS), pH e N-amoniaco da silagem de gergelim em comparação a silagens usuais.

Variáveis (g kg ⁻¹)	Silagens ¹				EPM ²	P-valor
	Milho	Milheto	Girassol	Gergelim		
Gases	04,3ab	3,0c	6,2a	3,1c	0,06	P=0,0256
Efluente	28,9c	206,0a	90,5b	95,5b	1,18	P<0,0001
RMS	965,6a	646,7d	798,4b	700,2c	0,77	P<0,0001
pH	42,1b	41,0b	49,5a	40,7b	0,08	P=0,0002
N-amoniaco	58,8b	76,4ab	53,3b	88,5a	0,56	P=0,0061

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey ($P<0,05$);

²EPM= Erro Padrão da Média;

P-valor= Probabilidade.

Tabela 3 Composição química da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais utilizadas na formulação dos tratamentos e no ensaio de degradabilidade.

Nutrientes (g kg ⁻¹ MS)	Silagens ¹				EPM ⁶	P-valor
	Milho	Milheto	Girassol	Gergelim		
Matéria seca	429,4a	280,7b	280,0b	326,5b	1,48	P=0,0002
Cinzas	53,1b	52,5b	121,0a	44,7b	0,50	P<0,0001
FDN ²	732,6a	759,1a	497,9c	627,4b	1,63	P<0,0001
FDA ³	349,5ab	452,9a	301,1c	374,4b	1,20	P<0,0001
Proteína bruta	59,2d	78,8c	152,6a	101,3b	0,34	P<0,0001
Extrato etéreo	18,5b	18,2b	160,4a	130,3a	0,83	P<0,0001
CNF ⁴	136,4a	91,3a	109,9a	96,1a	1,19	P=0,0942
Lignina	26,8c	67,6a	42,4b	25,5c	0,31	P<0,0001
Celulose	322,7b	385,3a	258,7c	348,9ab	1,37	P=0,0006
Hemicelulose	383,1a	306,2a	196,8b	253,0b	1,70	P<0,0001
NDT ⁵	434,1c	413,9c	613,4a	514,4b	1,25	P<0,0001

¹ Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey ($P<0,05$);

²FDN= Fibra em detergente neutro (g kg⁻¹ da MS); ³FDA= Fibra em detergente ácido (g kg⁻¹ da MS) ⁴CNF= Carboidratos não fibrosos (g kg⁻¹); ⁵NDT= Nutrientes digestíveis totais, calculado (g kg⁻¹ da MS da MS);

⁶EPM= Erro Padrão da Média;

P-valor= Probabilidade.

Tabela 4 Degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da silagem de gergelim em comparação as silagens usuais, incubadas no rúmen

Variáveis (g kg ⁻¹)	Silagens ¹				EPM ⁸	P-valor
	Milho	Milheto	Girassol	Gergelim		
	Matéria seca (g kg ⁻¹)					
A ²	258,2a	185,9c	218,4b	214,7b	0,36	P<0,0001
B ³	680,9ab	814,0a	489,2b	711,5a	4,48	P=0,0117
c (% h ⁻¹) ⁴	0,0121ab	0,0083b	0,0158a	0,0114ab	0,001	P=0,0588
DE2 ⁵	512,0a	426,0c	430,6c	466,0b	0,39	P<0,0001
DE5 ⁶	389,0a	302,6d	333,3c	343,0b	0,15	P<0,0001
DE8 ⁷	346,6a	263,0c	297,6b	307,3b	0,41	P<0,0001
	Proteína bruta (g kg ⁻¹)					
A	263,6a	278,8a	242,7a	271,7a	1,09	P=0,2083
B	711,6a	671,8ab	557,1bc	443,3c	2,73	P=0,0017
c (% h ⁻¹)	0,0090b	0,0100b	0,0270a	0,0320a	0,003	P=0,0042
DE2	533,3a	498,3b	557,6a	542,3a	0,50	P=0,0009
DE5	403,6b	388,6b	434,6a	443,6a	0,51	P=0,0008
DE8	358,0bc	352,0c	381,3ab	397,3a	0,49	P=0,0021
	Fibra em detergente neutro (g kg ⁻¹)					
A	45,7a	59,3a	51,4a	69,1a	0,49	P=0,0622
B	437,8a	415,8a	452,5a	528,3a	4,37	P=0,3726
c (% h ⁻¹)	0,0266a	0,0300a	0,0233a	0,0200a	0,004	P=0,4547
DE2	296,6ab	285,3b	302,0a	306,3a	0,24	P=0,0046
DE5	199,0a	197,0a	201,6a	202,3a	0,49	P=0,8631
DE8	156,0a	158,3a	159,0a	162,3a	0,52	P=0,8587

¹Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey ($P<0,05$);

²A= fração solúvel (g kg⁻¹); ³B= fração insolúvel potencialmente degradável (g kg⁻¹); ⁴c= taxa de degradação da fração B (h⁻¹); ⁵DE2 (g kg⁻¹)= Degradação efetiva com taxa de passagem de 2%/hora; ⁶DE5 (g kg⁻¹)= Degradação efetiva com taxa de passagem de 5%/hora; ⁷DE8 (g kg⁻¹)= Degradação efetiva com taxa de passagem de 8%/hora.

⁸EPM= Erro Padrão da Média;

P-valor = Probabilidade.

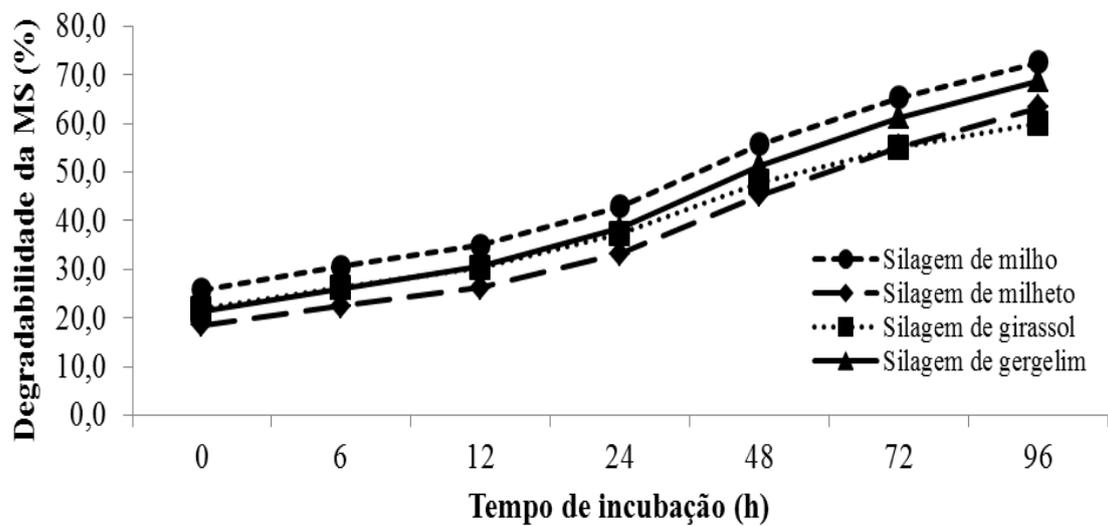


Figura 1 Degradabilidade da matéria seca (MS) na silagem de gergelim em comparação as silagens usuais. Estimada pela equação: $DP = A + B \times (1 - e^{-ct})$.

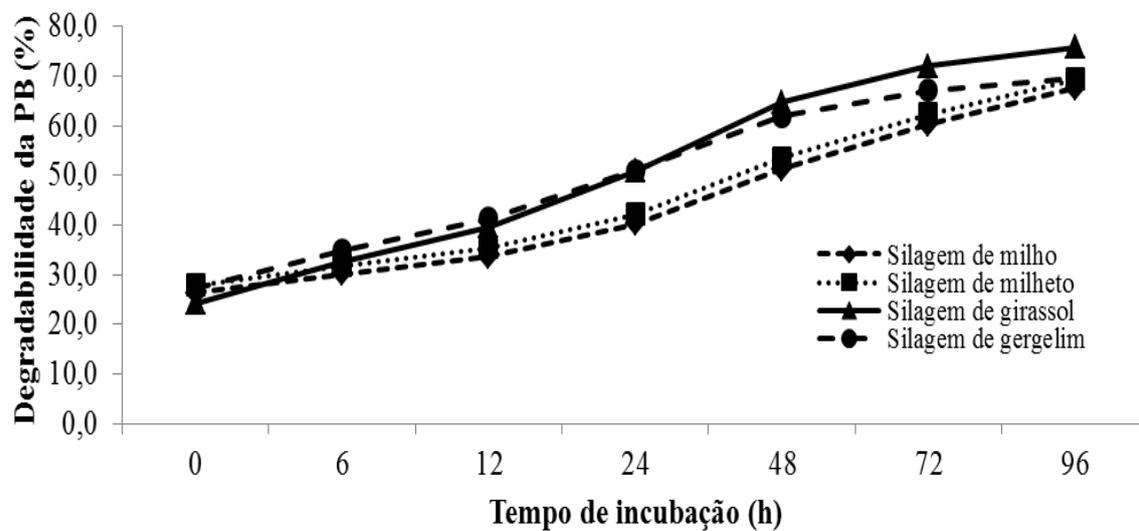


Figura 2 Degradabilidade da proteína bruta (PB) na silagem de gergelim em comparação as silagens usuais. Estimada pela equação: $DP = A + B \times (1 - e^{-ct})$.

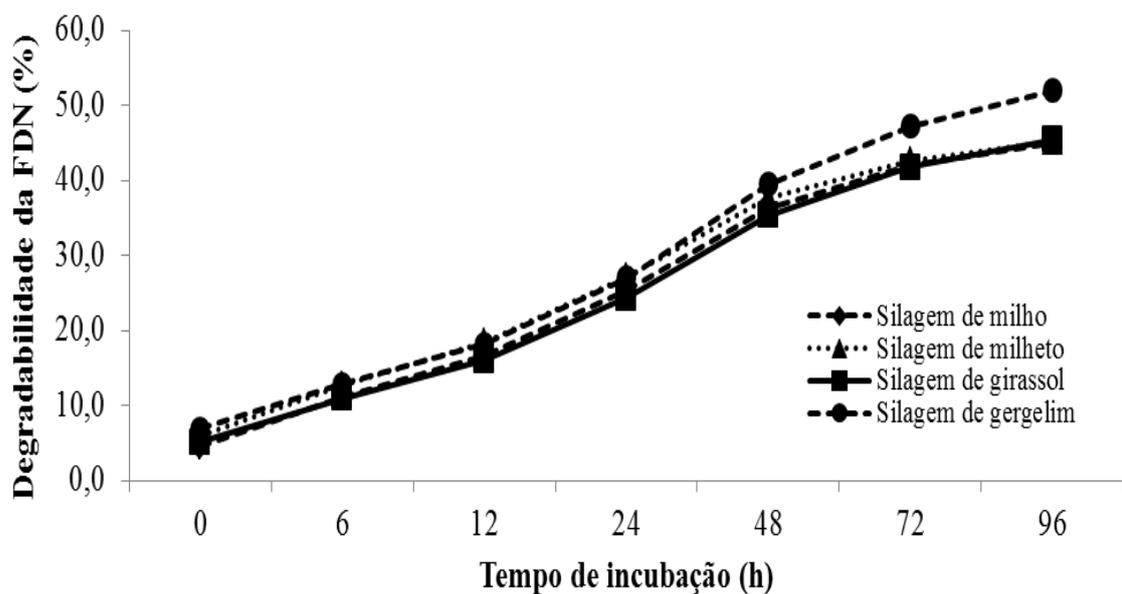


Figura 3 Degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) na silagem de gergelim em comparação as silagens usuais. Estimada pela equação: $DP = A + B \times (1 - e^{-ct})$.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gergelim e o milheto apresentam melhores características de crescimento e produção entre as espécies forrageiras avaliadas para safra com maior irregularidade de precipitação pluvial, o que se torna uma opção forrageira para as regiões tropicais e subtropicais.

O gergelim apresenta proteína bruta e extrato etéreo superior ao milho e milheto e teor de matéria seca próximo do adequado para ser ensilado, entre as espécies estudadas. De acordo com as características de crescimento, produção e composição química, apresentadas, o gergelim pode fornecer uma maior segurança alimentar para os rebanhos de ruminantes, assim como o milheto, em regiões com maior irregularidade pluvial.

A silagem de gergelim apresenta perdas e parâmetros fermentativos semelhantes aos encontrados na silagem de milho e girassol, o que caracteriza uma excelente alternativa para ensilagem.

A silagem de gergelim apresenta conteúdo moderado de MS, excelente conteúdo de proteína bruta e de nutrientes digestíveis totais, baixo teor de lignina, em comparação com as silagens usuais, sendo uma alternativa de alimentação para ruminantes nas regiões tropicais e subtropicais em períodos de menor disponibilidade de alimentos porque apresenta tolerância à seca e fácil cultivo.

A silagem de gergelim apresenta grande taxa de degradabilidade *in situ* da MS e foi semelhante ao milho e ao milheto que apresentam grande potencial nutritivo para a dieta dos ruminantes.