



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

SHIRLENNE FERREIRA SILVA

**COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS ORIUNDAS DE SISTEMA
SANTA FÉ PRODUZIDAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO
NORDESTINO BRASILEIRO**

FORTALEZA

2019

SHIRLENNE FERREIRA SILVA

COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS ORIUNDAS DE SISTEMA SANTA
FÉ PRODUZIDAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO
BRASILEIRO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia. Área de concentração: Forragicultura e Nutrição Animal.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Socorro de Souza Carneiro.

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S583c Silva, Shirlenne Ferreira.
Composição físico-química de silagens oriundas de sistema Santa Fé produzidas em condições de sequeiro no Semiárido Nordestino Brasileiro / Shirlenne Ferreira Silva. – 2019.
123 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Maria Socorro de Souza Carneiro.
Coorientação: Prof. Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério.
1. Alimentos conservados. 2. Culturas graníferas. 3. Sequeiro. 4. Volumosos. 5. Sistema Santa Fé. I.
Título.

CDD 636.08

SHIRLENNE FERREIRA SILVA

COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS ORIUNDAS DE SISTEMA SANTA
FÉ PRODUZIDAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO
BRASILEIRO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia. Área de concentração: Forragicultura e Nutrição Animal.

Aprovação em 28/02/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério (coorientador)
Embrapa Caprinos e Ovinos (CNPIC)

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu
Embrapa Caprinos e Ovinos (CNPIC)

Profa. Dra. Patrícia Guimarães Pimentel
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Andréa Pereira Pinto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ao Deus triúno: Pai, Filho e Espírito Santo.
À minha mãe **Maria José**, família e amigos
que foram essenciais para a realização deste
sonho.

AGRADECIMENTOS

À **Deus Pai, Filho e Espírito Santo** por estarem sempre presentes em minha vida, sendo o sentido e a motivação para minha existência.

À **Universidade Federal do Ceará** pela oportunidade de fazer minha pós-graduação, conviver e aprender com tanta gente especial e competente! Obrigada aos professores e a todos os funcionários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela concessão da bolsa de estudos.

À minha família, em especial à minha mãe **Maria José**, que diante de todas as dificuldades não mediu esforços para que eu estudasse e pudesse alcançar meus objetivos. Mãe você é a maior prova do amor de Deus por mim nesta terra. À minha irmã **Cidilene Ferreira**, por estar presente em todas as situações, ser meu equilíbrio e minha força. Aos demais irmãos, cunhadas e sobrinhos por me apoiarem, acreditarem no meu sonho e sonharem comigo.

À minha orientadora **Maria Socorro de Souza Carneiro**, esse ser humano incrível, especial, forte e corajosa, a quem devo muito mais do que só conhecimentos acadêmicos, devo o que agradecimento nenhum pode expressar. Só me resta orar para que Deus em sua eterna misericórdia e amor lhe retribuam aquilo que eu não puder oferecer. A você meu coração diz: muito obrigada, você fez muita diferença em minha vida!

Ao meu coorientador **Marcos Cláudio Pinheiro Rogério** pela convivência ao longo destes anos, pelas oportunidades, paciência, ajuda e apoio. Muito obrigada!

Aos membros da banca examinadora, Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério, Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu, professor Magno José Duarte Cândido, professora Andréa Pereira Pinto e professora Patrícia Guimarães Pimentel, pelas valiosas contribuições para este trabalho.

À **Embrapa Caprinos e Ovinos** por ceder o local para o experimento e realização das análises laboratoriais. Ao pesquisador Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu pelas palavras de apoio, incentivo e estar sempre disponível, muito obrigada! Aos pesquisadores Fernando Lisboa Guedes, Henrique Antunes de Souza e Rafael Gonçalves Tonucci pela ajuda na condução e realização do experimento. Aos laboratoristas e demais funcionários que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos-irmãos e filhos espirituais da **IASD de Pintor Lemos de Sobral** que tanto amo, a quem tive o privilégio de ser presenteada por Deus com tantos momentos únicos e eternos! Vocês moram em meu coração!

À **Dona Zequinha e família** por todo seu amor e apoio. Aos amigos Roberto Pereira, Fátima Oliveira, Socorro Costa, Kássio Felipe, Nájara Marques, Francisco Marques e Rodrigo Alves pelo ombro amigo e orações.

À amiga e irmã tão querida e amada, **Regina Magalhães** por se preocupar comigo, me ajudar e mesmo distante, estar sempre presente em minha vida, amo você minha amiga! À amiga especial **Roseane Maria** pelo apoio e amor. Você é só alegria e generosidade minha querida!

À amiga Rafaela Miranda, pela convivência e momentos alegres que tivemos juntas. Aos amigos e amigas, Margarida Souza, Núbia Maria, Débora Carvalho, Valcicleide, Juliete Lima, Carol Castelo Branco, Daiane Rodrigues, Josana Camila, Juliana Rodrigues, Mayara Araújo, Delano Oliveira, Elomir Mourão, Tibéryo Brito, Cimara Gonzaga, Alex Rodrigues, Valter Cisne, Jéssica Maranguape, Milena Alves, Getulho, Sueli, Vladiane, Antonieta, Ronaldo Lucas, Elayne Cristina, Leane Veras e Regina Magalhães por estarem presentes em fases tão distintas, mas tão importantes.

Ao companheiros de casa, Embrapa e jornadas da vida: **Gleyson Silveira, Andreza Andrade, Ricardo Araújo, Clésio Costa e Naysson Santos** por tantos momentos alegres, tristes, desafiadores e recompensadores que jamais serão esquecidos!

À amiga **Luciana Freitas Guedes** pelas palavras de apoio e constante incentivo nos momentos mais difíceis. Obrigada minha amiga! Deus foi muito generoso ao nos apresentar. Ao **Dr. Kerlon Lira** pelo excelente profissionalismo e por ter tornado um momento tão difícil, em um momento leve e tranquilo.

Às amigas do céu, irmãs em Cristo e filhas espirituais **Elania Cristina e Simone Mendes, promessas de Deus em minha vida de nunca me deixar sozinha.** Obrigada pelas orações constantes, por serem mãos estendidas a me levantarem quando passei pelo vale, quando estive no deserto e precisei subir a montanha! Jamais esquecerei de vocês por não soltarem minha mão! Estarão na sombra comigo tomando refresco!

A todos que contribuíram e se alegrarão com essa conquista! Muito obrigada!

“Tudo posso nAquele que me fortalece”.

Filipenss 4:13

RESUMO

Foram realizados quatro experimentos com o objetivo de avaliar a composição físico-química e o perfil de fermentação das silagens de milho, sorgo, milho e girassol em diferentes estádios de maturação dos grãos consorciadas com gramíneas forrageiras sob condições de sequeiro no semiárido nordestino brasileiro. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Sendo três tipos de consórcios: cultura solteira (testemunha), cultura+capim-buffel, cultura+capim-massai e como medidas repetidas, os estádios de maturação dos grãos (grão leitoso, grão farináceo mole e grão farináceo duro), com exceção dos grãos de sorgo que foram avaliados nos estádios verde, leitoso e farináceo mole, com três repetições para cada silagem, totalizando 27 unidades experimentais (mini-silos). Os valores de pH para as silagens de milho, sorgo e milho estiveram dentro da faixa padrão de 3,8 a 4,2. Já silagens de girassol apresentaram valores de pH de 4,0 a 5,10. As silagens apresentaram perdas por gases e efluentes mais elevadas naquelas confeccionadas nos estádios verde e leitoso para o sorgo e mais elevadas no estágio leitoso para milho, milho e girassol. Os teores de ácido láctico observados para as silagens avaliadas nesta pesquisa variaram de 3 a 7% na MS. As silagens das quatro culturas apresentaram teores de ácido acético acima de 2,0% no estágio leitoso dos grãos. As silagens de milho foram as únicas que apresentaram teores de ácido butírico dentro do limite de 0,1% considerado padrão para silagens de boa qualidade. Enquanto que as silagens de girassol apresentaram teores elevados deste ácido orgânico nos estádios leitoso e farináceo duro quando em condição solteira e consorciada, variando de 0,1 a 0,6% na MS. Teores de nitrogênio amoniacal como proporção do nitrogênio total acima de 10% foram verificados nas silagens de milho (16,25%) no estágio farináceo duro (12,80%) e nas silagens de girassol com capim-buffel no estágio leitoso (12,14%) e farináceo duro (13,54%). Observou-se que houve aumento para os teores de matéria seca, quando as silagens foram consorciadas com as gramíneas buffel e massai. As silagens de milho apresentaram valores de MS acima de 40% quando consorciadas com as gramíneas no estágio farináceo duro, as silagens de sorgo mesmo quando consorciadas, independentemente dos estádios dos grãos, apresentaram valores de MS abaixo de 25%. As silagens de milho variaram de 21 a 31% de MS e as silagens de girassol apresentaram teores de MS entre 13 a 22%. As silagens de todas as quatro culturas apresentaram teores de proteína bruta acima de 7%. Para os componentes fibrosos verificou-se maiores teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e hemicelulose nas silagens no estágio leitoso dos grãos, com destaque para as silagens de

sorgo solteiro que apresentaram teores de fibra em detergente neutro de 73,57% no estágio leitoso. Todas as silagens das quatro culturas avaliadas neste trabalho apresentaram valores médios de digestibilidade *in vitro* da matéria seca abaixo de 60%. Quanto às notas de classificação da qualidade do processo fermentativo das silagens, as de milho foram classificadas como de boa a excelente qualidade. As de sorgo, classificadas como silagens de excelente qualidade, as de milho como regulares a excelentes, e as silagens de girassol como ruins, regulares e de excelente qualidade. As silagens de milho solteiro devem ser confeccionadas no estágio farináceo mole. Quando em condição consorciada, a indicação é com o capim-buffel no estágio farináceo mole dos grãos. As silagens de sorgo na condição solteira devem ser confeccionadas no estágio farináceo mole, quando consorciadas, a indicação é utilizar o capim-buffel no estágio farináceo mole, no uso do capim-massai, a indicação é no estágio leitoso. As silagens de milho solteiro devem ser confeccionadas no estágio farináceo mole. Quando em condição consorciada, a indicação é utilizar o capim-buffel e capim-massai a partir do estágio farináceo mole. As silagens de girassol na condição solteira devem ser confeccionadas no estágio farináceo duro, em condição consorciada, a indicação é no estágio farináceo duro com o capim-massai.

Palavras-chave: Alimentos conservados. Culturas graníferas. Sequeiro. Volumosos.

ABSTRACT

Four experiments were carried out to evaluate the physicochemical composition and the fermentation profile of corn, sorghum, millet and sunflower silages at different grain maturation stages intercropped with forage grass under dry conditions in the Brazilian semi-arid region. A completely randomized design with repeated measurements was adopted. Three types of consortia were applied: single culture (control), culture + buffel grass, culture + massai grass and, as repeated measures, the grain maturation stages (milky grain, soft farinaceous grain and hard farinaceous grain), with the exception of sorghum grains, which were evaluated in the green, milky and farinaceous stages, with three replicates for each silage, totaling 27 experimental units (mini-silos). The pH values for corn, sorghum and millet silages were within the standard range of 3.8 to 4.2. Sunflower silages presented pH values of 4.0 to 5.10. The silages presented higher gas and effluent losses in the green and milky stages for sorghum and in the milky stage for corn, millet and sunflower. Lactic acid contents ranged from 3 to 7% in DM. The silages of all four cultures presented acetic acid contents above 2.0% in the milky grain stage. Millet silages were the only ones presenting butyric acid contents within the limit of 0.1% considered the standard for good quality silages. Sunflower silages presented high levels of this organic acid in the milky and hard farinaceous grain stages when in single and intercropping conditions, ranging from 0.1 to 0.6% MS. Ammoniac nitrogen as a proportion of total nitrogen above 10% was verified in millet silages (16.25%) in the hard farinaceous stage (12.80%) and in the sunflower silages with buffel grass in the milky (12.14%) and hard farinaceous (13.54%) stages. Increased dry matter contents were observed when the silages were intercropped with the buffel and massai grasses. Corn silages presented MS values higher than 40% when intercropped with grasses in the hard farinaceous stage. Sorghum silages, even when intercropped, regardless of grain stage, presented MS values below 25%. Millet silages ranged from 21 to 31% MS and sunflower silages presented MS contents ranging from 13 to 22%. All four culture silages presented crude protein levels above 7%. Concerning fibrous components, higher levels of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose and hemicellulose in silages at the milky grain stage were observed, especially single sorghum silages with neutral detergent fiber contents of 73.57% in the milky stage. All four culture silages presented mean in vitro dry matter digestibility values below 60%. Concerning the classification grades of the silage fermentation process qualities, corn grades were classified as good to excellent quality; sorghum, as excellent quality silage; millet as regular to excellent, and sunflower as bad, regular and excellent quality. Single corn silages

should be applied in the soft farinaceous stage. When in a consortium condition, the indication is application alongside buffel grass in the soft farinaceous grain stage. Sorghum silages in the single condition should be applied in the soft farinaceous stage and, when intercropped, the indication is to use buffel grass and soft farinaceous grains, while, when using massai grass, the indication is of grains in the milky stage. Single millet silages should be applied in the soft farinaceous grain stage. When in a consortium condition, the indication is to use the buffel grass and massai grass from the soft farinaceous stage. Sunflower silages in a single condition should be applied in the hard farinaceous grain stage and, when in a consortium condition, the indication is of use in hard farinaceous grain stage alongside massai grass.

Keywords: Bulky. Canned food. Dry. Grain cultures.

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
2	CAPÍTULO I - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS DE MILHO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS CONSORCIADAS COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO.....	18
2.1	<i>Introdução.....</i>	20
2.2	<i>Material e métodos.....</i>	21
2.3	<i>Resultados e discussão.....</i>	27
2.4	<i>Conclusão.....</i>	39
3	CAPÍTULO II - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS DE SORGO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS CONSORCIADAS COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO.....	40
3.1	<i>Introdução.....</i>	42
3.2	<i>Material e métodos.....</i>	43
3.3	<i>Resultados e discussão.....</i>	49
3.4	<i>Conclusão.....</i>	61
4	CAPÍTULO II - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS DE MILHETO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS CONSORCIADAS COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO	62
4.1	<i>Introdução.....</i>	64
4.2	<i>Material e métodos.....</i>	65
4.3	<i>Resultados e discussão.....</i>	71
4.4	<i>Conclusão.....</i>	83
5	CAPÍTULO V - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS DE GIRASSOL EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS CONSORCIADAS COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO.....	84
5.1	<i>Introdução.....</i>	86

5.2	<i>Material e métodos</i>	87
5.3	<i>Resultados e discussão</i>	93
5.4	<i>Conclusão</i>	109
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES	110
	REFERÊNCIAS	111
	APÊNDICE A – LISTA DE FIGURAS	121
	APÊNDICE B – LISTA DE TABELAS	122

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pecuária brasileira caracteriza-se pela grande dependência de pastagens, que, em sua maior parte, se encontram em processo de degradação, com perda de potencial produtivo (FREITAS et al., 2005). Mesmo quando bem manejadas, as pastagens caracterizam-se pela produção sazonal, com escassez e diminuição do valor nutritivo na época seca do ano, tornando limitada a produção animal em regiões mais áridas (RODRIGUES et al., 2004).

Dentre as alternativas para amenizar essa condição, o uso de volumosos conservados (feno e silagem) pode tornar o sistema mais sustentável sob a ótica produtiva, pois o excesso produzido no período chuvoso pode ser utilizado para alimentar os rebanhos no período seco, contribuindo para reduzir os impactos negativos na produção dos rebanhos (BASSO et al., 2012).

A adoção de sistemas consorciados também pode suprir a falta de forragem no período seco. Nesse sentido, o Sistema Santa Fé pode ser utilizado para essa finalidade, pois tem como princípio o consórcio de culturas anuais como milho, sorgo, soja e demais culturas produtoras de grãos associadas com gramíneas forrageiras (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Segundo Petter et al. (2011) nos últimos anos a consorciação entre culturas anuais e forrageiras tropicais em sistema integrados tem crescido em função da viabilidade do consórcio entre a cultura e as diversas espécies forrageiras, com a possibilidade de ser aplicado em diferentes regiões do país priorizando o uso de plantas adaptadas.

Dessa maneira, o consórcio entre culturas graníferas e forrageiras pode proporcionar não só o aumento na produção de forragem para a confecção de silagem com qualidade, como também auxiliar na manutenção dos rebanhos, além de trazer benefícios para o solo, reduzindo os efeitos da degradação e melhorando as suas características físicas, químicas e biológicas (MACHADO e ASSIS, 2010; BARDUCCI et al., 2009).

O consórcio de forrageiras com plantas produtoras de grãos além de permitir a renovação da pastagem após a colheita dos grãos, alta produção de biomassa, melhoria na qualidade do solo e diversificação na renda do produtor, pode gerar benefícios na composição da silagem, como aumento no teor da matéria seca de culturas que apresentam limitação para ensilagem, com conseqüente diminuição nas perdas por efluentes e melhoria no processo fermentativo (EMBRAPA, 2001). Deve-se ressaltar que a utilização de sistemas consorciados não pode ser visto como solução imediata, pois apresenta desvantagens, sendo necessários treinamento especializado para o preparo de área, semeadura, uso de máquinas, conhecimento da fisiologia das plantas para evitar competição e momento adequado para corte e colheita.

Apesar das desvantagens citadas, se as técnicas de manejo adequadas forem utilizadas, é possível obter estabilidade no sistema (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Muitas forrageiras podem ser utilizadas para ensilagem, no entanto o que se prioriza é a qualidade final do produto. Dentre as culturas graníferas para a ensilagem, o milho e o sorgo apresentam tradição devido às características de alta produção de biomassa fresca, teor adequado de carboidratos solúveis, bom valor nutritivo da massa ensilada e eficiência na qualidade do processo fermentativo.

Além destas, outras culturas como o milheto e girassol estão sendo utilizadas, devido às características de elevada produção de massa verde, valor nutricional próximo aos do milho e sorgo e terem como vantagem o cultivo em regiões onde essas últimas apresentam limitação, seja por restrição hídrica ou edáfica (DURÃES et al., 2016; TOMICH et al., 2004).

Atrelada à escolha da cultura utilizada, deve-se priorizar a adequada fermentação da silagem, sendo esta dependente de alguns fatores como teor de matéria seca, quantidade de carboidratos solúveis, poder tampão e grau de maturação da planta. O teor de matéria seca é considerado um dos mais importantes fatores que contribuem para a obtenção de uma boa silagem. Para a obtenção de silagens com adequado teor de matéria seca, as culturas graníferas tem como indicativo do corte o estágio de maturação dos grãos (NUSSIO e MANZANO, 1999).

De acordo com Rodrigues et al. (1996) o estágio de maturação do grão para colheita é um dos fatores que mais provoca alterações no processo de fermentação. De maneira geral, à medida que avança o estágio de maturação das plantas, ocorrem alterações na composição química, como aumento do teor de matéria seca, redução no teor de carboidratos solúveis e proteína bruta (PB), aspectos negativos para a qualidade final da silagem.

Quando se trata da qualidade da silagem, este termo está relacionado com a eficiência do processo fermentativo. Ocorrendo da maneira adequada resulta em silagens com parâmetros que a classificam como de boa qualidade. De maneira geral, uma silagem de qualidade superior apresenta teores de matéria seca entre 28 a 35%, teor de ácido lático acima de 6% na matéria seca, teor de ácido acético abaixo de 2%, de ácido butírico menor que 0,1% na matéria seca e teores de nitrogênio amoniacal até 10% na matéria seca (TOMICH et al., 2003). Nussio e Manzano (1999) afirmaram que teores de matéria seca entre 28 a 35% são obtidos nas plantas de milho no momento em que a consistência dos grãos variam entre o estágio pastoso e farináceo duro, o que corresponde à visualização da linha de leite entre 1/3 e 2/3 no grão. Para Lauer et al. (1996) o desenvolvimento da linha do leite no grão, é um importante indicador do teor de MS da planta para ensilagem. Nesse sentido, o ponto de

colheita de culturas graníferas para confecção de silagens é uma decisão importante, tendo influência direta tanto na produção da forragem por área, quanto na qualidade e consumo da silagem obtida.

Fatores como espécie forrageira, manejo durante o processo de ensilagem, tipos de silos, graus de compactação, etc., são determinantes para o êxito ou insucesso na qualidade final da silagem produzida (JOBIM et al., 2007). Devido à intensificação nos sistemas de produção e à demanda crescente pela adoção de técnicas que priorizem não apenas a produção de forragem de qualidade, mas o manejo racional do uso da terra, a produção de silagens oriundas de sistemas consorciados pode também justificar o uso desses sistemas para produção de alimentos de forma sustentável e eficiente.

Nesse caso, a produção da silagem é feita aproveitando-se as características de ambas as culturas (cultura anual e gramíneas), tanto pela diversificação na produção de biomassa fresca, quanto pelo incremento no valor nutritivo. A escolha das espécies forrageiras é preponderante, devendo-se dar preferência para aquelas com características produtivas compatíveis com a região.

Nesse sentido, o capim-buffel, cv. áridus tem merecido destaque na região semiárida por ser uma gramínea perene, que apresenta elevada produção de matéria seca mesmo no período seco, bom valor nutritivo, alta digestibilidade, permitindo a manutenção de maior quantidade e qualidade de forragem no período seco, além de rápida rebrotação da pastagem no início das águas, podendo ser ótima opção para consórcio com culturas graníferas e na confecção de silagens (OLIVEIRA, 1981; MOREIRA et al., 2007).

Da mesma forma, o capim-massai também tem sido alternativa para cultivo na região semiárida. Esta gramínea apresenta elevada produção de matéria seca, é resistente ao fogo, a pragas e doenças. O uso dessas gramíneas torna-se alternativa interessante para a implantação, produção e conservação de forragens no semiárido (EMBRAPA, 2001), além de ser opção para cultivo em sistemas de Integração-Laovra-Pecuária.

Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar a composição físico-química de silagens oriundas do Sistema Santa Fé produzidas em condições de sequeiro no semiárido nordestino brasileiro.

2 CAPÍTULO I: COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS DE MILHO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS CONSORCIADAS COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO

RESUMO

Objetivou-se, avaliar a composição físico-química e o perfil fermentativo de silagens de milho, colhido em diferentes estádios de maturação dos grãos, consorciado com gramíneas, sob condições de sequeiro. Três tipos de silagens foram produzidas: silagem de milho oriundo de monocultivo (silagem de milho), silagem de milho oriundo do consórcio com o capim-buffel (silagem de milho+capim-buffel) e silagem de milho oriundo do consórcio com o capim-massai (silagem de milho+capim-massai), em três momentos de colheita, definidos pelos estádios de maturação dos grãos (leitoso, farináceo mole e farináceo duro), com três repetições (mini-silos de PVC), totalizando 27 unidades experimentais. A menor produção por gases ocorreu nas silagens de milho+capim-buffel (17,55%) no estágio farináceo duro. Menores perdas por efluentes ocorreram nas silagens de milho+capim-buffel no estágio farináceo mole (4,04 k/t) e no estágio farináceo duro (4,58 k/t). Os maiores teores de ácido láctico ocorreram nas silagens de milho (6,62%) e de milho+capim-buffel (6,10%). Os teores de ácido acético mantiveram-se elevados, acima de 2,5% nas silagens de milho e de milho consorciado, nos estádios leitoso e farináceo mole. Não houve diferenças entre as silagens para os teores de ácido butírico. Teores adequados de matéria seca para silagens de boa qualidade (28-30%) foram obtidos nas silagens de milho solteiro (30,34%) e consorciadas com as gramíneas buffel (30,82%) e massai (28,95%) no estágio farináceo mole. Os maiores teores de proteína bruta foram observados nas silagens de milho solteiro (10,69%) e milho+capim-buffel (11,37%). A maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi verificada nas silagens de milho+capim-buffel (54,06%) e, menor, nas silagens confeccionadas no estágio leitoso (49,28%). As silagens de milho foram classificadas como de boa a excelente qualidade. As silagens de milho solteiro devem ser confeccionadas no estágio farináceo mole. Quando em condição consorciada, a indicação é com o capim-buffel no estágio farináceo mole dos grãos.

Palavras-chave: Grãos. Semiárido. Sistema Santa Fé. Volumosos. *Zea mays*.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the physico-chemical composition and fermentation profile of corn silages harvested at different grain maturation stages, intercropped with grasses under dry conditions. Three types of silages were produced: corn silage from a monoculture (corn silage), corn silage from a consortium with buffel grass (corn silage + buffel grass) and corn silage from a consortium with massai grass (corn silage + massai grass), at three harvesting times, defined by grain maturity stage (milky, soft farinaceous and hard farinaceous), with three replicates (mini-silos made of PVC), totaling 27 experimental units. pH levels remained between 3.8 and 4.2, considered as standard for good quality silages. The lowest gas production occurred in the corn silage + buffel grass (17.55%) at the hard farinaceous stage. Lower effluent losses occurred in the corn silage + buffel grass at the soft farinaceous stage (4.04 k/t) and in the hard farinaceous stage (4.58 k/t). The highest levels of lactic acid were observed in the corn (6.62%) and maize + buffel grass (6.10%) silages. Acetic acid contents remained high, above 2.5% in the corn and intercropped corn silages in the milky and farinaceous stages. No differences between silages for butyric acid contents were observed. Adequate dry matter contents for good quality silages (28-30%) were obtained in the single maize silage (30.34%) and silages consorted with buffel (30.82%) and massai (28.95%) grasses in the soft farinaceous stage. The highest crude protein levels were observed in the single corn (10.69%) and corn + buffel grass (11.37%) silages. Higher levels ($P < 0.05$) of fibrous components were observed at the milky stage for all silages. The highest *in vitro* dry matter digestibility level was verified in the corn silage + buffel grass (54.06%) and, the lowest, in silages in the milky stage (49.28%). The corn silages were classified as good to excellent quality. Single corn silages should be applied in the soft farinaceous stage. When in a consortium condition, the indication is of application alongside buffel grass in the soft farinaceous grain stage.

Keywords: Bulky. Grains. Santa Fe System. Semi-arid. *Zea mays*.

2.1 Introdução

O processo de ensilagem é o principal método de preservação de forragem em países de clima quente e úmido. Esta prática visa contornar as condições climáticas adversas, fornecer aos animais alimentos de boa qualidade e auxiliar na manutenção dos rebanhos durante a estação seca (BERNARDES e RÊGO, 2014). A cultura mais utilizada na ensilagem é o milho (*Zea mays* L.), de uso frequente na dieta de animais ruminantes, considerado um alimento de excelente qualidade nutricional e de alto valor energético (LIM et al., 2015).

Seu uso tradicional é facilitado especialmente pela aquisição de sementes (distribuição pelos governos estaduais e/ou estoques de anos anteriores), produção de grãos (fonte de energia para as dietas de animais e até mesmo para o consumo humano), disponibilidade de crédito e de terras com menor custo para a expansão da atividade, e pela existência de instituições de pesquisa voltadas para o desenvolvimento do setor (SILVEIRA, 2014).

A cultura do milho apresenta ainda a vantagem de responder positivamente à radiação solar por pertencer ao grupo de culturas com metabolismo fotossintético C4, com cerca de 90% da matéria seca proveniente da fixação de CO₂ no processo fotossintético, e se adaptar bem às temperaturas médias diurnas e noturnas em regiões de clima semiárido (MARTINS, 2017).

A busca pelo uso mais racional e otimização da terra para produção de forragem, fez surgir o Sistema Santa Fé. Esse sistema faz uso do milho e outras culturas e aposta no consórcio com gramíneas resistentes e produtivas como o capim-buffel e o capim-massai, sendo alternativa não só para a produção de grãos e volumosos, mas também para a confecção de silagens (KLUTHCOUSKI et al., 2000; ROGÉRIO et al., 2018).

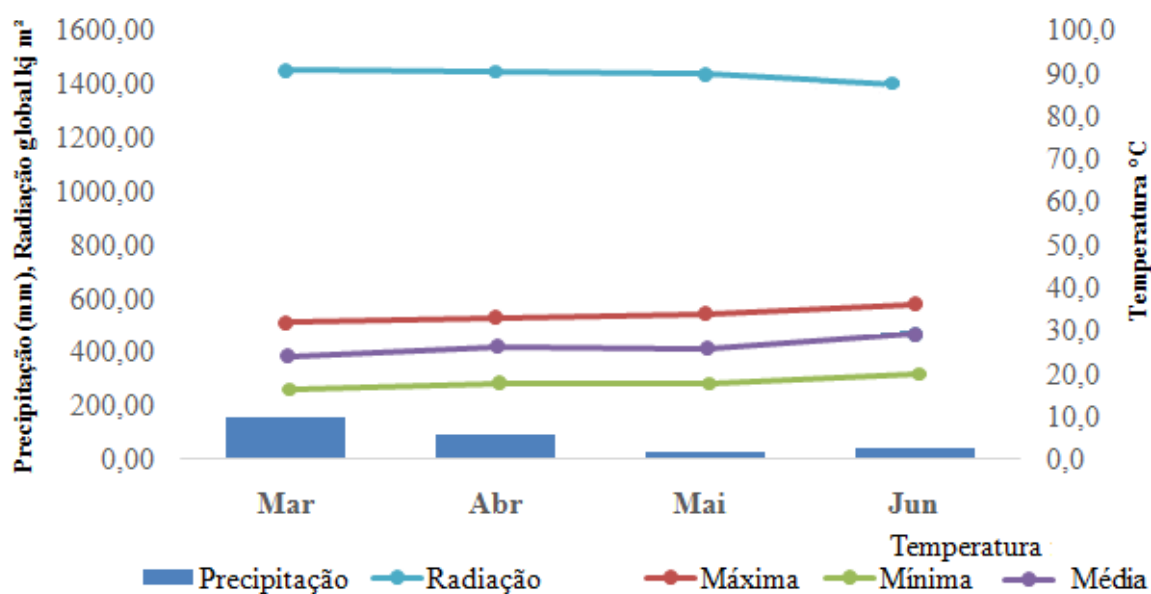
Dessa maneira, além do monocultivo do milho, o consórcio com gramíneas tropicais, pode aumentar a produção de matéria seca durante o ano, auxiliar na recuperação de solos e pastagens (LEONEL et al., 2009; MATEUS et al., 2016). Em termos de composição físico-química, silagens produzidas a partir do consórcio milho-gramíneas podem apresentar diferentes teores de nutrientes em função da proporção de cada cultura no momento da ensilagem (ROGÉRIO et al., 2018). Perante a escassez de informações sobre o uso de silagens de culturas e gramíneas consorciadas em condições de sequeiro, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar a composição físico-química, o perfil e perdas fermentativas das silagens de milho em monocultivo e consorciado com gramíneas, em condições de sequeiro no Semiárido Brasileiro.

2.2 Material e Métodos

A produção do material forrageiro a ser ensilado ocorreu no ano de 2015 em área da Fazenda Experimental Santa Rita, pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), situada a 3° 42' 59" de latitude Sul e 40° 23' 87" de longitude Oeste, altitude de 75m, localizada no município de Sobral, estado do Ceará, Brasil.

O clima da região, pela classificação de Köppen e Geiger (1928) é do tipo BSh, com estação chuvosa de janeiro a junho e período seco de julho a dezembro. Os dados relativos às condições climáticas durante o período de produção forrageira (março a junho) foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o município de Sobral-Ceará no ano de 2015, (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação global do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE



Fonte: Dados da Rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015)

O solo da área foi identificado como Neossolo flúvico, segundo SANTOS et al. (2013). Realizou-se uma amostragem do solo no início da instalação do experimento, onde foram feitas amostras compostas (0 - 20 cm de profundidade), para determinar as características químicas do solo (Tabela 1).

As áreas receberam adubação de plantio padrão com nitrogênio, fósforo e potássio, conforme deficiências que foram identificadas na análise de solo. Após isso, o preparo do solo para o plantio consistiu de aração e gradagem.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Ca	Mg	Na	SB	Ph	H+AL	Al³⁺	CTC	M.O
.....mg dm ⁻³						H ₂ Ommol _c dm ⁻³		g dm ⁻³	
2,0	2,0	99	10	1,0	81	5,9	112	193	1	6,1

P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; SB – soma de bases; pH – potencial hidrogeniônico; H+ AL – acidez potencial; Al³⁺ – alumínio; CTC – capacidade de troca de cátions; M.O. – matéria orgânica.

A cultura do milho (*Zea mays* L.) cv. BRS Gorutuba foi semeada no início do mês de março do ano de 2015, correspondendo ao período chuvoso. Foram utilizados 100 kg/ha de adubo químico nas proporções 10-28-20 (N-P-K), sendo as fontes de N-P-K: uréia, superfosfato simples (P₂O₅) e cloreto de potássio (K₂O), respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após o plantio, com 50 kg/ha de nitrogênio.

As parcelas para a coleta do material forrageiro para a ensilagem possuíam 7 m de comprimento x 4 m de largura (28 m²), com distância entre linhas da cultura do milho (monocultivo) de 0,90 m e a distância entre linhas para a cultura do milho consorciada com as gramíneas de 0,45 m. As forrageiras capim-buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) cv. Áridus e capim-massai (*Megathyrus maximum* x *M. infestum*) cv. Massai foram plantadas nas entrelinhas da cultura anual, sem utilização de adubos. Tanto para o monocultivo, quanto para os consórcios, foram utilizados três parcelas para coleta do material forrageiro.

O corte foi realizado a 5 cm de altura do solo com um cutelo, respeitando-se o estágio de maturação dos grãos da cultura, sendo de 54; 60 e 66 dias após o plantio, correspondendo aos estádios leitoso, farináceo mole e farináceo duro, respectivamente. Em seguida, foi realizada a pesagem do material forrageiro do milho em monocultivo e do milho consorciado com as gramíneas, para obtenção do peso da biomassa fresca de cada um deles.

Após o corte, o material foi picado em picadeira estacionária em partículas entre 1 e 2 cm, homogêneos manualmente e ensilados em silos confeccionados com tubos de “PVC” com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. No fundo de cada silo foi depositado 200 g de areia separados da forragem por uma camada de tecido de algodão, sendo possível medir a quantidade de efluentes retida.

A compactação foi feita com êmbulo de madeira e o fechamento com tampas de PVC dotadas de válvulas tipo “Bunsen” adaptadas em sua tampa para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. Os silos foram lacrados com fita crepe, tarados e pesados antes e

após seu fechamento. Foram preenchidos três silos experimentais de PVC com densidade correspondente a 600 kg m^{-3} .

Os dados de produção de matéria seca total do milho em monocultivo e consorciado com gramíneas, incluindo as proporções da cultura do milho e das gramíneas na ensilagem, estão apresentados na Tabela 2. Amostra representativa do material picado (original) foi retirada e congelada para caracterização bromatológica (Tabela 3).

Tabela 2. Produção de matéria seca total de milho solteiro cv. BRS Gorutuba em monocultivo e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai considerando épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e respectivas proporções de milho e gramíneas na ensilagem

<i>Milho solteiro</i>	PMSt (kg ha^{-1})	% Cultura anual	% Gramínea
Leitoso	3.430,52	100	-
Farináceo Mole	4.683,83	100	-
Farináceo Duro	3.539,67	100	-
<i>Milho+Buffel</i>			
Leitoso	4.932,75	76	24
Farináceo Mole	3.668,03	80	20
Farináceo Duro	4.189,19	87	13
<i>Milho+Massai</i>			
Leitoso	5.046,24	74	26
Farináceo Mole	5.765,79	54	46
Farináceo Duro	8.190,28	68	32

PMSt kg ha^{-1} = produção de matéria seca total por hectare

Tabela 3. Composição físico-química do milho solteiro cv. BRS Gorutuba colhido em monocultivo e consorciado com o capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai em épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e dos capins buffel e massai colhidos em monocultivo, antes da ensilagem

<i>Milho</i>	<i>Nutrientes (%MS)</i>									
	$^{\circ}\text{MS}$	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	CEL	HCEL	LIG
Leitoso	26,98	84,05	8,39	6,04	1,71	66,87	40,14	30,92	27,40	7,63
Farináceo Mole	31,80	87,07	6,11	9,96	3,08	59,93	34,89	28,64	24,39	6,00
Farináceo Duro	46,82	88,17	6,59	7,20	2,79	68,06	38,76	33,65	29,69	4,74
<i>Milho+Buffel</i>										
Leitoso	22,83	83,21	9,77	8,02	2,69	61,70	35,24	29,63	25,86	4,52
Farináceo Mole	32,14	86,12	7,63	7,91	2,37	65,53	37,08	32,25	27,79	3,93
Farináceo Duro	46,30	88,80	6,85	6,96	2,59	68,05	36,97	29,08	31,28	7,95
<i>Milho+Massai</i>										
Leitoso	24,74	83,91	9,28	9,24	1,55	70,47	40,72	35,08	28,65	4,76
Farináceo Mole	31,56	87,10	7,27	8,39	2,37	78,63	43,35	31,52	35,20	12,2
Farináceo Duro	37,48	88,67	6,61	8,16	2,86	65,84	37,24	28,78	26,24	8,31

<i>Gramíneas</i>										
Capim-buffel	26,30	82,23	9,53	9,95	2,01	67,76	43,90	36,21	24,15	7,80
Capim-massai	23,65	81,10	10,3	10,5	1,95	68,74	45,11	38,72	24,30	4,75

^aMS= matéria seca; MO= matéria orgânica; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE =extrato etéreo; FDN =fibra em detergente neutro; FDA =fibra em detergente ácido; CEL =celulose; HCEL =hemicelulose; LIG= lignina.

Transcorridos 90 dias, os silos foram abertos e pesados novamente. A porção central do silo foi homogeneizada e amostrada. Parte da amostra *in natura* foi utilizada para aferição do pH, utilizando-se um potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2, para a determinação do teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH₃ (% N total)] segundo metodologia de Bolsen et al. (1992) e para a determinação dos teores dos ácidos láctico, acético e butírico, segundo Ranjit e Kung Jr. (2000).

Outra parte da amostra *in natura* foi pesada em sacos de papel e levada para estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas para a determinação da matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo Willey em peneira com malha de 1,0 mm, colocadas em recipientes plásticos, identificadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

As análises físico-químicas, tanto do material original (antes da ensilagem) quanto do material pós-ensilagem, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Caprinos e Ovinos. Foram determinados os teores de matéria seca-MS (AOAC 934.01), cinzas (AOAC 942.05), proteína bruta-PB obtida pela determinação do N total, utilizando a técnica micro-Kjeldahl (AOAC 920.87) e extrato etéreo-EE (AOAC 920.85), segundo AOAC (1990).

A α -amilase termoestável foi usada no procedimento para determinação de fibra em detergente neutro (FDN) sem o uso de sulfito de sódio (VAN SOEST et al., 1991). A fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada de acordo com a AOAC (1990) (AOAC 973.18) e ambas as frações de fibra foram expressas incluindo cinzas residuais. As ligninas foram determinadas pela solubilização da celulose com ácido sulfúrico, como descrito por Robertson e Van Soest (1981). A digestibilidade *in vitro* da MS foi determinada como descrito por Tilley e Terry (1963).

O teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com Licitra et al. (1996). Foi ainda calculado o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) segundo a equação proposta pelo NRC (2001) em que: %NDT = %CNFd + %PBd + (%AGd x 2,25) + %FDNnd -7, em que: CNFd corresponde aos carboidratos não fibrosos digestíveis, PBd à proteína bruta digestível, AGd

aos ácidos graxos digestíveis, FDNnd à fibra em detergente neutro corrigida para nitrogênio digestível e o valor 7 refere-se ao NDT fecal metabólico.

Os teores de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos mediante as equações de Sniffen et al. (1992):

- $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$
- $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{cp} + \%MM)$.

Também foram definidas notas de classificação da qualidade da silagem, segundo Tomich et al. (2003), considerando os valores médios de MS, pH, teor de N-NH₃/NT e concentrações de ácidos acético e butírico. Para cada parâmetro foram obtidas notas com variação de 0 a 50 pontos que, após somadas, estabeleceram as seguintes classificações: silagem de péssima qualidade (<30 pontos); silagem de qualidade ruim (entre 30-49 pontos); silagem de qualidade regular (entre 50-69 pontos); silagem de boa qualidade (entre 70-89 pontos) e silagem de excelente qualidade (90-100 pontos).

Em relação ao estudo sobre a eficiência do processo fermentativo, também foram avaliados os seguintes parâmetros: perdas por efluentes, recuperação da matéria seca e perdas por produção de gases, segundo Jobim et al. (2007), descritas a seguir.

- *Determinação da produção de efluentes*

Para a determinação da produção de efluentes, após retirar toda a silagem, a areia foi quantificada e de sua massa foi subtraído o peso original obtido antes do enchimento dos silos.

$$E = \{[(Pvab - Tb) - (Pvfe - Tb)] / MFfe\} \times 1000$$

Onde:

E = produção de efluentes (kg/t MV de silagem);

Pvfe = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg);

Pvab = peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg);

Tb = tara do silo vazio (kg);

MFfe = massa de forragem no fechamento (kg)

- *Determinação das perdas por gases (%)*

As perdas por gases foram calculadas pela subtração do peso do silo cheio computado na abertura em relação àquele observado no fechamento com a presença de areia.

$$G = [((MF_{en} \times MS_{en}) - (MF_{ab} \times MS_{ab})) / (MF_{en} \times MS_{en})] \times 100$$

onde:

G = perdas por gases;

MF_{en} = massa de forragem na ensilagem (kg);

MS_{en} = teor de matéria seca da forragem na ensilagem (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

- *Determinação da taxa de recuperação da matéria seca (RMS)*

A recuperação da matéria seca foi obtida pelo quociente entre a quantidade de matéria seca recuperada dos silos (abertura) e a quantidade de matéria seca inicialmente acondicionada nos silos (fechamento), expressa em porcentagem.

$$RMS = [(MF_{ab} \times MS_{ab}) / (MF_{fe} \times MS_{fe})] \times 100$$

Onde:

RMS = Recuperação de matéria seca (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da silagem na abertura (%);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg);

MS_{fe} = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Considerando-se o preparo de três mini-silos de PVC para cada consórcio e estádios de maturação em que as colheitas foram realizadas, adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, sendo três tipos de consórcios: milho em monocultivo (testemunha), milho+capim-buffel e milho+capim-massai, e como medidas repetidas no tempo, os estádios de maturação dos grãos (milho leitoso, milho farináceo mole e milho farináceo duro) com três repetições, totalizando 27 unidades experimentais (mini-silos).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, para verificar as prerrogativas básicas para análise de variância. As médias foram consideradas diferentes quando $P < 0,05$ comparadas com o uso do PDIFF pelo teste de Tukey. Antes das análises de comparação de médias foi realizada a modelagem da matriz de covariância que

melhor se ajustou para cada variável avaliada, a escolha da matriz foi definida pela estrutura que apresentou menor valor de AIC (*Akaike's Information Criterion*).

As análises foram realizadas por meio do procedimento MIXED do programa estatístico SAS®, usando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + \beta_{ik} + E_j + (C \times E_{ij}) + \varepsilon_{ijk},$$

Onde Y_{ijk} é a variável dependente do experimento medida na unidade experimental "k" do tipo de consórcio "i" e o estágio fenológico do grão "j"; μ é a constante geral; C_i é o efeito consórcio "i"; β_{ik} é o efeito do erro aleatório da unidade experimental "k" no tratamento "i"; E_j é o efeito do estágio fenológico do grão "j"; $C \times E_{ij}$ é o efeito da interação entre o tipo de consórcio "i" e o estágio fenológico do grão "j"; e ε_{ijk} é o efeito do erro aleatório.

2.3 Resultados e discussão

Os dados referentes ao perfil fermentativo e classificação da qualidade das silagens de milho solteiro e consorciadas em diferentes estádios de maturação estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Perfil fermentativo e classificação da qualidade de silagens de milho solteiro cv. BRS Gorutuba e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro)

Silagens	Estádios dos grãos			Média	*EPM	P-valor		
	Leitoso	F. mole	F. duro			Sil ¹	Est ²	Sil*Est ³
	pH							
Milho	3,86bA	3,73cC	4,04aA	3,90				
Milho+ buffel	3,74bB	3,81aA	3,86aB	3,80	0,02	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Milho+massai	3,86bA	3,77cB	4,06aA	3,90				
Média	3,82	3,77	4,00					
	Perdas por gases (%MS)			Média				
Milho	27,08aB	9,53cB	17,71bB	18,10				
Milho+ buffel	44,79aA	23,80bA	17,55cB	28,71	2,06	0,0087	<0,0001	<0,0001
Milho+massai	30,55aB	20,56cA	24,51bA	25,20				
Média	34,14	18,00	19,92					
	Perdas por efluentes (kg/t)			Média				
Milho	3,69bB	2,19bA	7,04aA	4,30				

Milho+ buffel	9,49aA	4,04bA	4,58bB	6,04	0,62	0,0474	<0,0001	0,0071
Milho+massai	10,28aA	2,93bA	7,37aA	6,86				
Média	7,82	3,05	6,33					
	RMS (%MS)			Média				
Milho	72,92cA	90,46aA	80,52bB	81,30				
Milho+ buffel	69,44bA	76,19bB	82,45aA	76,03	2,06	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Milho+massai	55,20cB	79,43aB	75,66bB	70,10				
Média	65,85	82,03	79,54					
	Ácido láctico (%MS)			Média				
Milho	8,40	6,44	5,04	6,62A				
Milho+ buffel	9,20	6,00	3,10	6,10A	0,57	0,0004	0,0007	0,2700
Milho+massai	4,80	2,20	2,65	3,21B				
Média	7,46A	4,87B	3,60B					
	Ácido acético (%MS)			Média				
Milho	2,55aA	2,01bA	1,18cB	1,91				
Milho+ buffel	2,46aA	1,68bA	1,12cB	1,75	0,10	0,4526	<0,0001	0,0307
Milho+massai	2,46aA	1,71bA	1,48cA	1,90				
Média	2,50	1,80	1,26					
	Ácido butírico (%MS)			Média				
Milho	0,22	0,54	0,24	0,33A				
Milho+ buffel	0,27	0,35	0,25	0,30A	0,05	0,4938	0,9311	0,8466
Milho+massai	0,36	0,30	0,21	0,30A				
Média	0,28A	0,40A	0,23A					
	⁴ N-NH ₃ /NT (%)			Média				
Milho	2,87	2,82	1,77	2,50B				
Milho+ buffel	4,40	4,70	2,03	3,70A	0,22	0,0008	0,0046	0,1041
Milho+massai	4,50	3,44	3,13	3,70A				
Média	3,91A	3,65A	2,31A					
	Qualidade da silagem (%)			Média				
Milho	88,33	70,00	86,66	81,66A				
Milho+ buffel	85,00	80,00	86,66	83,90A	2,73	0,3613	0,9600	0,9013
Milho+massai	81,66	80,00	86,66	82,77A				
Média	85,00A	76,66A	86,66A					

*EPM= erro padrão da média; ¹Sil= consórcios; ²Est= estádios de maturação dos grãos; ³Sil*Est= interação entre tipos de silagens e estádios de maturação dos grãos; ⁴N-NH₃/NT= nitrogênio amoniacal como proporção do nitrogênio total; Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas (estádios x consórcios) e maiúsculas nas colunas (consórcios x estádios) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os valores de pH foram mais elevados no estágio farináceo duro em relação aos demais estádios. A exceção foi para o pH das silagens de milho+buffel no estágio farináceo mole que foi similar ao do estágio farináceo duro (Tabela 4). Nas silagens de milho e de milho+massai, os valores de pH foram os mais elevados nos estádios leitoso e farináceo duro, enquanto que para as silagens de milho+capim-buffel, os maiores valores foram observados no estágio

farináceo mole. Os valores de pH aqui registrados foram considerados indicativos de fermentação adequada (entre 3,8-4,2), conforme Woolford (1984) e McDonald et al. (1991).

Observou-se que a produção de gases foi mais elevada ($P < 0,05$) no estágio leitoso de maturação dos grãos (Tabela 4). As perdas por produção de gases em silagens estão relacionadas com o tipo de fermentação que ocorre no material ensilado. Os gases produzidos como o CO_2 , por exemplo, é resultado de fermentações secundárias de bactérias heterofermentativas que produzem além do ácido lático, o ácido acético, o etanol e ainda liberam calor e provocam perdas de energia e de matéria seca (WOOLFORD, 1984).

Com base nos resultados de MS (Tabela 5), é possível concluir que os menores valores de MS nas silagens cujo corte foi realizado no estágio leitoso interferiram negativamente sobre o tipo de fermentação ocorrida nos mini-silos, resultando em maior produção de gases. As silagens de milho+capim-buffel apresentaram maiores perdas por gases ($P < 0,05$) no estágio leitoso. Perdas elevadas de gases também foram verificadas nas silagens de milho consorciadas no estágio farináceo mole. As silagens de milho consorciadas com capim-massai no estágio farináceo duro apresentaram maior produção de gases em relação aos demais consórcios.

Para Jobim et al. (2007), perdas por gases podem ocorrer no início da ensilagem devido à elevada atividade respiratória inicial da planta ensilada juntamente com o desenvolvimento inicial das colônias de microrganismos fermentadores. Caso o teor de MS não seja adequado e tenha ocorrido má compactação, as perdas podem se prolongar e ocasionar reduções nos teores de MS e energia da massa ensilada. Embora o intuito do consórcio fosse aumentar os teores de MS das silagens de milho, o baixo teor de MS das gramíneas no momento da ensilagem (Tabela 3) pode ter contribuído para a elevação das perdas por gases.

As menores perdas por efluentes ($P > 0,05$) entre os estádios de maturação dos grãos (Tabela 4) foram verificadas no estágio farináceo mole para as silagens de milho+massai. Para as silagens de milho e de milho+buffel, as maiores perdas ocorreram nos estádios farináceo duro e leitoso, respectivamente.

Os teores de MS observados principalmente no estágio farináceo mole (Tabela 5), dentro da faixa recomendada para silagens de boa qualidade, podem ter favorecido a fermentação adequada e a menor produção de efluentes (McDONALD et al., 1991). As perdas por efluentes do presente estudo encontram-se abaixo de 15%, valor esse tolerável para perdas em silagens, já que durante a produção de efluentes há intensa perda de MS, PB e carboidratos solúveis que são direcionados para o interior do silo (RIBEIRO et al., 2014).

Para os dados de RMS, observou-se que estes foram proporcionais às perdas por gases, ou seja, onde houve menores perdas por gases nas silagens, houve maior recuperação de matéria seca (Tabela 4). Isso pode ser verificado nas silagens de milho solteiro no estágio farináceo mole e nas silagens de milho com capim-buffel no estágio farináceo duro, por exemplo.

Os valores de RMS entre 80-90% podem ser considerados excelentes, de acordo com Pedroso et al. (2005). Ainda de acordo com esses autores, as perdas de MS por produção de gases ou efluentes podem representar até 98,4%. Valores de RMS inferiores a esses (80-90%) podem indicar a ocorrência de fermentações indesejáveis, em que há produção de calor no interior do silo, de CO₂ e de ácidos butírico e etanol, promovendo a má conservação do material ensilado.

Os valores de ácido lático foram maiores nas silagens de milho e de milho+buffel no estágio leitoso (Tabela 4). É provável que a maior proporção de grãos de milho (Tabela 2) nas silagens citadas acima, fonte de carboidratos solúveis para o processo fermentativo na massa ensilada tenha favorecido o desenvolvimento das bactérias ácido lácticas (NUSSIO e MANZANNO, 1999).

Segundo Borém et al. (2013) no estágio leitoso correspondente à fase R2 do grão, ocorre o maior acúmulo de açúcares solúveis no endosperma em relação aos demais estádios, o que provavelmente pode ter sido utilizado como substrato para a maior produção de ácido lático. A menor produção de ácido lático nos demais estádios de maturação dos grãos, pode estar relacionada com as maiores perdas por gases e efluentes (Tabela 4) que contribuíram para a redução do conteúdo celular, resultando em menor substrato para a ação das bactérias e produção de ácido lático.

No processo de ensilagem, é desejável que ocorra a proliferação de bactérias homoláticas, principalmente aquelas do gênero *Lactobacillus*. Essa busca tem o objetivo, entre outros, de aumentar a concentração de ácido lático no material ensilado e acelerar a queda do pH no interior do silo para diminuir as perdas por efluentes e, também, melhorar o desempenho dos animais (McDONALD et al., 1991).

Apesar de todos os ácidos orgânicos resultantes da fermentação contribuírem para a redução do pH, o ácido lático possui maior constante de dissociação iônica, o que o torna fundamental nesse processo (MOISIO e HEIKOMEN, 1994). Assim, a concentração final de ácido lático na silagem é um indicador qualitativo da fase fermentativa da ensilagem.

Segundo Oliveira et al. (2001), silagens de milho são consideradas de boa qualidade quando possuem pelo menos de 6 a 8% de ácido lático na MS. Os teores desse ácido

verificados neste trabalho estão bem próximos desta faixa. Aqueles que não atingiram essa faixa, possivelmente podem estar relacionados com as altas perdas por efluentes, gases e altos teores de MS nas silagens consorciadas e confeccionadas no estágio farináceo duro (Tabela 4).

Os teores de ácido acético mais elevados foram observados no estágio leitoso. Nesse estágio, as maiores perdas por gases e efluentes contribuíram para a geração de condições favoráveis para fermentações secundárias. No estágio farináceo duro, as maiores concentrações de ácido acético ocorreram nas silagens de milho+massai (Tabela 4). Esse resultado relaciona-se à menor produção de gases nas silagens de milho e de milho+buffel, revelando menor atividade de enterobactérias e fermentações secundárias (McDONALD et al., 1991).

As concentrações de ácido acético nas silagens estudadas ficaram acima das recomendações de McDonald et al. (1991), de até 0,8% na matéria seca, no entanto se enquadram dentro da faixa recomendada por Tomich et al. (2003), que consideram uma silagem bem fermentada, quando esta apresenta no máximo 2,5% de ácido acético na matéria seca. Ainda que os valores de ácido acético detectados nas silagens de milho estejam muito próximos do limite, vale ressaltar que o ácido acético também conserva a massa ensilada, principalmente em silagens instáveis aerobicamente pós-abertura dos silos (SANTOS et al., 2016).

Os teores de ácido butírico não diferiram entre as silagens consorciadas e nos diferentes estágios de maturação dos grãos. Os valores de ácido butírico estão acima de 0,1% da MS recomendados por McDonald et al. (1991) como valores satisfatórios em silagens bem fermentadas. Segundo Tomich et al. (2004), o conteúdo de ácido butírico indica a ação da atividade clostridiana na massa ensilada, relacionado à redução mais lenta e consequentes maiores valores finais de pH nas silagens. Para os autores, o conteúdo desse ácido pode ser considerado um dos principais indicadores negativos da qualidade do processo fermentativo, pois provoca perdas acentuadas de MS e energia, além de reduções da palatabilidade e do consumo da forragem.

Os valores de N-NH₃/NT foram maiores nas silagens de milho consorciadas e maiores nos estágios leitoso e farináceo mole (Tabela 4). Baixos teores de MS no momento da ensilagem (Tabela 3) altos valores de ácido butírico, ocorrência de fermentações secundárias e de proteólise podem justificar esse resultado. A elevada umidade presente nos grãos nos estágios mais iniciais dos grãos também pode ter favorecido a presença de microrganismos

indesejáveis, como por exemplo bactérias do gênero *Clostridium* que podem ter realizado proteólise, elevando os teores de N-NH₃/NT (WOOLFORD, 1984).

Embora tenha sido verificada a superioridade de N-NH₃/NT para as silagens de milho consorciadas, os valores ficaram abaixo dos 10% considerados toleráveis (TOMICICH et al., 2003) para uma silagem bem fermentada, não comprometendo desta forma a qualidade das silagens, o que pode ser verificado pelas notas finais de classificação, onde todas foram consideradas de excelente qualidade (Tabela 5).

Os dados referentes à composição físico-química das silagens de milho solteiro e consorciadas nos diferentes estádios de maturação dos grãos, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Composição físico-química (% MS) de silagens de milho solteiro cv. BRS Gorutuba e de milho consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro)

Silagens	Estádios dos grãos			Média	*EPM	Sil ¹	P-valor	
	Leitoso	F. mole	F. duro				Est ²	Sil*Est ³
	Matéria seca			Média				
Milho	23,19cA	30,34bAB	44,91aA	32,81				
Milho+ buffel	20,56cB	30,82bA	45,63aA	32,34	1,72	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Milho+massai	21,20cB	28,95bB	34,60aB	28,85				
Média	21,65	30,04	41,75					
	Matéria orgânica			Média				
Milho	81,72	83,95	84,30	83,31A				
Milho+ buffel	83,24	82,37	82,91	82,84AB	0,31	0,0904	0,1642	0,3882
Milho+massai	80,60	81,96	82,54	81,70B				
Média	81,85A	82,76A	83,24A					
	Matéria mineral			Média				
Milho	9,32aB	7,63bB	6,53bC	7,83				
Milho+ buffel	10,07aAB	9,33aA	8,20bA	9,20	0,33	<0,0001	<0,0001	0,0396
Milho+massai	12,50aA	10,26bA	8,45cA	10,40				
Média	10,63	9,07	7,73					
	Proteína bruta			Média				
Milho	11,30	11,16	9,66	10,70A				
Milho+ buffel	9,86	11,84	12,43	11,37A	0,31	0,0148	0,4131	0,1319
Milho+massai	9,04	9,60	9,62	9,41B				
Média	10,05A	10,86A	10,57A					
	Extrato etéreo			Média				
Milho	1,58cAB	3,89bA	4,39aA	3,30				
Milho+ buffel	2,09bA	3,19aB	2,04bB	2,44	0,20	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Milho+massai	1,31bB	1,77bC	2,56aB	1,90				
Média	1,66	2,95	3,00					

Fibra em detergente neutro				Média					
Milho	64,63aA	43,48bB	48,66bAB	52,22					
Milho+ buffel	65,97aA	52,49bA	53,30bA	57,25	1,63	<0,0001	<0,0001	0,00069	
Milho+massai	64,73aA	57,79bA	47,03cB	56,52					
Média	65,11	51,22	49,66						
Fibra em detergente ácido				Média					
Milho	39,29aA	25,13bC	27,46bA	30,60					
Milho+ buffel	38,81aA	29,84bB	29,77bA	32,81	1,09	0,0086	<0,001	0,00069	
Milho+massai	38,89aA	33,89bA	27,57cA	33,80					
Média	39,30	29,62	28,30						
Celulose				Média					
Milho	31,88aA	22,54bC	23,67bB	26,03					
Milho+ buffel	33,00aA	25,46bB	26,49bA	28,31	0,81	0,0073	<0,0001	0,0005	
Milho+massai	33,09aA	31,05aA	25,15aB	29,76					
Média	32,65	26,35	25,10						
Hemicelulose				Média					
Milho	25,06	18,05	20,76	21,30C					
Milho+ buffel	27,02	22,85	24,05	24,80A	0,54	0,0009	<0,0001	0,0924	
Milho+massai	25,63	23,73	19,34	22,90B					
Média	25,90A	21,54B	21,53B						
Lignina				Média					
Milho	4,02	2,00	1,66	2,55B					
Milho+ buffel	4,43	3,46	2,71	3,53A	0,18	<0,0001	0,0032	0,1308	
Milho+massai	3,75	3,10	2,73	3,20A					
Média	4,06A	2,84B	2,36B						
⁴ NIDN				Média					
Milho	4,00aB	2,25bB	2,41bA	2,90					
Milho+ buffel	7,04aA	2,84bAB	2,42bA	4,10	0,28	0,003	<0,0001	<0,0001	
Milho+massai	4,02aB	3,08bA	3,09bA	3,40					
Média	5,02	2,72	2,64						
NIDA				Média					
Milho	2,32	2,54	1,40	1,74A					
Milho+ buffel	2,30	1,60	1,65	1,84A					
Milho+massai	2,70	2,00	1,33	2,00A	0,10	0,4598	0,0008	0,3018	
Média	2,43A	1,70B	1,45B						
CT				Média					
Milho	77,82	77,32	79,40	78,20A					
Milho+ buffel	78,00	75,64	77,31	77,00A	0,35	0,3984	0,00855	0,2201	
Milho+massai	77,13	78,40	79,36	78,30A					
Média	77,64A	77,10A	78,70A						
CNF				Média					
Milho	15,70bA	37,46aA	32,85aA	28,66					
Milho+ buffel	16,75bA	26,45aB	27,86aA	23,70	1,73	0,0177	<0,0001	0,0461	

Milho+massai	15,60cA	22,90bB	35,40aA	24,61				
Média	16,00	28,93	32,03					
	NDT			Média				
Milho	60,45bB	80,00aB	83,70aA	74,71				
Milho+ buffel	67,60cA	87,90aA	77,80bB	77,76	3,46	0,0018	<0,0001	0,0016
Milho+massai	51,80cC	67,60bC	81,25aA	66,90				
Média	59,95	78,50	80,91					
	DIVMS			Média				
Milho	46,35	56,64	53,24	52,07B				
Milho+ buffel	51,90	54,00	56,30	54,06A	0,73	0,0027	0,0075	0,1893
Milho+massai	49,61	52,36	54,71	52,23B				
Média	49,30B	54,33A	54,74A					

*EPM= erro padrão da média; ¹sil= tipos de silagens; ²est= estádios de maturação dos grãos; ³sil*est= interação entre tipos de silagens e estádios de maturação dos grãos; ⁴NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; CT= carboidratos totais; CNF= carboidratos não fibrosos; NDT= nutrientes digestíveis totais; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas (estádios x silagens) e maiúsculas nas colunas (silagens x estádios) diferem entre si pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Os teores de MS foram mais elevados no estágio farináceo duro, seguido dos estádios farináceo mole e leitoso (Tabela 5). Este resultado está relacionado ao avanço natural da idade da planta. Os teores elevados de MS no estágio farináceo duro resultam da fase de maturação (R6), momento em que ocorre o acúmulo de matéria seca nos grãos, tendo como consequência a maior perda de água e o surgimento da senescência (MAGALHÃES e DURÃES, 2006).

Teores de MS superiores a 40%, como os que ocorreram com as silagens de milho e de milho consorciado com capim-buffel no estágio farináceo duro, não são considerados ideais para ensilagem, pois dificultam a compactação no silo, podendo causar aquecimento do material e possível desenvolvimento de fungos (VAN SOEST, 1994). Embora a composição morfológica não tenha sido alvo do presente estudo, é provável também que tenha ocorrido recolhimento de material senescente junto à forragem verde destinada à ensilagem, contribuindo para a elevação do teor de matéria seca final.

Levando-se em consideração os tipos de silagens, os valores mais elevados foram observados nas silagens de milho, com similaridade às silagens de milho + buffel nos estádios farináceos (Tabela 5). Os baixos teores de MS das gramíneas buffel e massai no momento da ensilagem abaixo de 28%, conforme (Tabela 3) contribuíram para que essas gramíneas ao serem adicionadas ao milho na ensilagem, não tenham promovido incrementos substanciais nos teores de MS.

Além disso, a elevada umidade dos grãos de milho no estágio leitoso que, de acordo com Magalhães e Durães (2006) nessa fase (R3) está em torno de 80%, contribuiu para que a

associação com as gramíneas de baixo teor de MS, resultasse em menores valores nas silagens oriundas dos consórcios. Vale ressaltar que os valores de MS encontrados nas silagens em consórcio no estágio farináceo mole foram as que apresentaram teores de MS mais próximos do padrão recomendado por McDONALD et al. (1991), ou seja na faixa de 28-35% MS.

Os valores elevados de MS das silagens de milho e milho+capim-buffel no estágio farináceo duro não podem ser justificados apenas pela idade fisiológica das plantas, podendo ser feita uma inferência às próprias condições de cultivo em sequeiro, às elevadas temperaturas e baixa precipitação ocorridas durante o período experimental (Figura 1) que podem ter contribuído para baixo suprimento hídrico das plantas, aspecto observado a campo pela maior presença de material senescente no estágio farináceo duro, menor altura e visível ressecamento da maioria das plantas de milho presentes nas parcelas.

Os teores de MM foram mais elevados no estágio leitoso tanto para as silagens de milho, quanto para as silagens de milho consorciado com capim-massai. Menores teores foram verificados no estágio farináceo duro. Para os tipos de silagens, a MM foi mais alta nas silagens de milho consorciado em relação às silagens contendo apenas a planta de milho (Tabela 5). O mais alto teor de MM no estágio leitoso pode estar relacionado primeiramente à combinação das perdas de matéria orgânica por fermentação e oxidação (McDONALD et al., 1991) como também às perdas por efluentes produzidos nesse estágio provocando efeito de concentração mineral (Tabela 4).

Valores mais elevados de PB foram verificados nas silagens de milho e de milho+capim-buffel, sem diferenças entre os estádios de maturação dos grãos (Tabela 5). A maior participação do capim-buffel entre 80-87% (Tabela 2) nas silagens consorciadas com teores de PB de 10% no momento da ensilagem (Tabela 3) pode ter contribuído para elevar os teores protéicos das silagens. A rápida queda do pH e os baixos valores de N-NH₃/NT (Tabela 4) dão indícios de que houve baixa proteólise, também favorecendo a conservação desse nutriente nas silagens citadas (McDONALD et al., 1991).

Quanto ao EE, as silagens de milho em diferentes estádios de maturação dos grãos apresentaram teores mais elevados nos estádios farináceos, com similaridade à silagem de milho+buffel no estágio leitoso. No estágio farináceo duro foram verificados os maiores valores de EE nas silagens de milho e milho+massai. Na silagem de milho+buffel, o maior teor foi no estágio farináceo mole (Tabela 5).

Para FDN e FDA, os valores mais elevados ocorreram no estágio leitoso para os três tipos de silagens (Tabela 5). Uma vez que a linha do leite do grão foi usada como um indicador visível do momento da colheita, o baixo teor de MS, característico dessa fase do

grão, pode ter favorecido a produção mais elevada de gases e maiores perdas por efluentes oriundas de fermentações indesejáveis (Tabela 4), ocasionando a diminuição do conteúdo celular e conseqüente elevação das concentrações dos teores de fibra.

No estágio farináceo mole, os maiores teores de FDN foram verificados para as silagens oriundas de consórcios. No estágio farináceo duro, por sua vez, as silagens de milho e as oriundas do consórcio milho+buffel apresentaram maiores valores de FDN, com similaridade entre silagens de milho e de milho+massai.

Para a FDA, considerando-se os estádios de maturação dos grãos, observaram-se valores mais elevados no estágio farináceo mole para as silagens de milho+capim-massai, seguidos das silagens de milho+capim-buffel e silagens de milho (Tabela 5). O capim-massai no momento do corte apresentou teores elevados de FDA (Tabela 3), o que pode ter contribuído com o aumento desse nutriente na silagem oriunda desse consórcio.

Para a celulose, os maiores valores ocorreram apenas no estágio leitoso para as silagens de milho e de milho+buffel. Considerando-se os estádios de maturação, maiores valores ocorreram apenas nas silagens de milho+capim-massai no estágio farináceo mole e nas silagens de milho+capim-buffel no estágio farináceo duro (Tabela 5). Em trabalho realizado por Mendes et al. (2008), os autores consideraram desejável que o teor de FDA fosse inferior a 30% para obtenção de silagem qualidade, o que foi observado na maioria das silagens da presente pesquisa (Tabela 5).

As maiores perdas por gases (silagens de milho solteiro) e maiores perdas por efluentes (silagens consorciadas) verificados no estágio leitoso dos grãos (Tabela 4), a provável participação de material senescente na confecção das silagens, as condições de cultivo e climáticas já citadas anteriormente, podem ter sido determinantes para os maiores teores de FDN, FDA e celulose principalmente no estágio leitoso dos grãos.

A lignina foi maior nas silagens consorciadas (Tabela 5). Esse resultado provavelmente estar relacionado às altas concentrações de componentes fibrosos (colmos e folhas) antes da ensilagem (Tabela 3), que pode ser em função do estado avançado de maturidade das plantas no momento da colheita. Para HCEL, lignina e NIDA, no estágio leitoso houve as maiores concentrações (Tabela 5). A ocorrência de maiores perdas por gases e efluentes nesse estágio, pode ter favorecido a perda de conteúdo celular, aumentando os componentes fibrosos.

Os valores mais elevados de NIDN foram verificados no estágio leitoso (Tabela 5). Esse resultado relaciona-se aos valores de fibra mais elevados e maiores perdas por gases e efluentes verificados nessa fase (Tabela 4), resultando na provável elevação da concentração dos constituintes fibrosos e do nitrogênio a eles associados.

Para as silagens consorciadas, principalmente aquelas cujo corte foi realizado no estágio farináceo duro, o próprio estágio avançado de colheita, as condições de déficit hídrico em decorrência da baixa precipitação, principalmente nos meses de maio e junho e as altas temperaturas (Figura 1), resultou em aumento da parede celular tanto da planta de milho como das gramíneas.

Considerando-se os valores de CNF, no estágio farináceo duro foram obtidos os maiores valores com similaridade ao estágio farináceo mole para as silagens de milho e de milho+buffel (Tabela 5). A contribuição de biomassa das gramíneas nas silagens consorciadas com apenas 20% de capim-buffel e 46% de capim-massai no estágio farináceo mole (Tabela 2) pode justificar esse resultado, pois a superioridade em CNF nas silagens de milho consorciadas se dá pela presença dos grãos, ricos em amido e carboidratos solúveis.

Segundo Murdoch et al. (1975) participam dos CNF: o amido, os açúcares monoméricos, os oligossacarídeos solúveis e os pectatos. Estas são frações de elevado aproveitamento energético pelos animais e contribuem para a rápida fermentação, resultando na produção de ácidos orgânicos, principalmente ácido lático, promovendo a estabilização da silagem.

Teores mais altos de NDT foram verificados nos estádios farináceos das silagens de milho, no estágio farináceo mole para a silagem de milho+buffel e no estágio farináceo duro para a silagem de milho+massai (Tabela 5). Teores mais altos de NDT nas fases farináceas, correspondentes aos estádios reprodutivos R5 e R6, podem estar relacionados ao maior acúmulo de amido no grão com o avançar do ciclo fenológico da cultura. Por isso é melhor realizar o corte da planta de milho nesses estádios, dada a maior participação dos grãos, resultando em maior teor de amido, menor teor de fibra e maior teor de energia.

Os teores mais baixos de NDT nas silagens de milho solteiro no estágio leitoso e no estágio farináceo mole podem ser atribuídos às características da planta (fisiologia) e ao nível de enchimento do grão, determinados pela combinação de baixa precipitação, altas temperaturas e radiação solar (Figura 1).

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2004), o milho apresenta maiores exigências hídricas nas fases de emergência, florescimento e formação dos grãos. É possível que nessas fases tenha havido menor translocação dos assimilados da fotossíntese para o enchimento dos grãos (RITCHIE et al., 1977). Como também podem estar relacionados às perdas por efluentes, especialmente nas silagens de milho+massai (Tabela 4). Dessa maneira, a lixiviação do conteúdo celular no qual está incluso o amido, pode ter favorecido os baixos teores de NDT nesses estádios.

Segundo Nussio e Manzano (1999), na produção de silagens advindas de culturas consorciadas, a participação dos grãos na forragem interfere significativamente no valor nutritivo do alimento, principalmente no teor energético da dieta.

A DIVMS foi superior nas silagens de milho+capim-buffel nos estádios farináceos mole e duro (Tabela 5). As silagens de milho+capim-buffel apresentaram maiores teores de PB, CNF e NDT (Tabela 5) quando comparados com as silagens de milho+capim-massai, fatores que certamente contribuíram para os mais altos valores de DIVMS. Além do alto valor protéico (entre 10%) mesmo em estádios mais avançados, esta gramínea apresenta a vantagem de ser produtiva e bem adaptada às condições de sequeiro.

A maior proporção da planta de milho (entre 76 e 87%) da quantidade total nas diferentes épocas de colheita (Tabela 2) é outro fator que também pode ter contribuído para a melhoria da DIVMS, especialmente por conta da participação dos grãos de milho na massa ensilada. A menor DIVMS no estádio leitoso pode estar relacionada às perdas de conteúdo celular pela produção de efluentes (Tabela 4), acarretando em aumento da proporção de sabugo, tendo como consequência a elevação da participação de parede celular de baixa qualidade (ZOPOLLATTO et al., 2009).

2.4 Conclusão

As silagens de milho solteiro devem ser confeccionadas no estágio farináceo mole. Quando em condição consorciada, a indicação é com o capim-buffel no estágio farináceo mole dos grãos.

3 CAPÍTULO II: COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS DE SORGO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS CONSORCIADAS COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição físico-química e o perfil fermentativo de silagens de sorgo, colhido em diferentes estádios de maturação dos grãos, consorciado com gramíneas sob condições de sequeiro. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Três tipos de silagens foram produzidas: silagem de sorgo oriundo de monocultivo (silagem de sorgo), silagem de sorgo oriundo de consórcio com o capim-buffel (silagem de sorgo+capim-buffel) e silagem de sorgo oriundo de consórcio com o capim-massai (silagem de sorgo+capim-massai), em três momentos de colheita, definidos pelos estádios de maturação dos grãos (verde, leitoso e farináceo mole), com três repetições (mini-silos de PVC), totalizando 27 unidades experimentais. Maior produção de gases ocorreram nas silagens de sorgo+capim-massai no estádio verde (34,50%) e nas de sorgo solteiro no estádio farináceo mole (46,71%). Menores perdas por efluentes ocorreram nas silagens de sorgo+massai (8,06 k/t) nos estádios leitoso (9,73 k/t) e farináceo mole (9,95 k/t). Teores de ácido láctico mais altos foram observados nas silagens de sorgo com capim-massai (5,85%) no estádio verde (6,02%) com similaridade entre as silagens de sorgo solteiro e sorgo+buffel. Teores mais elevados de matéria seca foram verificados em todos os tipos de silagens no estádio farináceo mole e nas silagens de sorgo+massai em todos os estados dos grãos. Maiores teores ($P < 0,05$) de proteína bruta foram observados nas silagens de sorgo solteiro no estádio farináceo mole (9,00%), com capim-buffel (9,62%) no estádio verde e nas silagens com capim-massai nos estádios leitoso (9,24%) e farináceo mole (9,11%). Maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi observada nas silagens com capim-buffel no estádio farináceo mole (55,57%) e maior nas silagens com capim-massai no estádio leitoso (43,07%). As silagens de sorgo foram classificadas como de excelente qualidade. As silagens de sorgo na condição solteira devem ser confeccionadas no estádio farináceo mole, quando consorciadas a indicação é utilizar o capim-buffel no estádio farináceo mole, no uso do capim-massai, a indicação é no estádio leitoso.

Palavras-chave: Capim-buffel. Capim-massai. Semiárido. *Sorghum bicolor*

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the physicochemical composition and fermentation profile of sorghum silages harvested at different grain maturation stages intercropped with grass under dry conditions. A completely randomized design with repeated measurements was adopted. Three types of silages were produced: sorghum silage from monoculture (sorghum silage), sorghum silage from a consortium with buffel grass (sorghum silage + buffel grass) and sorghum silage from a consortium with massai grass (sorghum silage + massai grass), at three harvest times, defined by grain maturity stage (green, milky and soft farinaceous), with three replicates (mini-silos made of PVC), totaling 27 experimental units. All sorghum silages presented pH values within the range of 3.8 to 4.2. Higher gas production occurred in the sorghum + massai grass silage in the green stage (34.50%) and in single sorghum silages (46.71%). Lower sorghum losses occurred in the sorghum + massai grass silage (8.06 k/t) at the milky (9.73 k/t) and soft (9.95 k/t) grain maturation stages. Higher lactic acid contents were observed in the sorghum silage with massai grass (5.85%) in the green stage (6.02%), displaying similarity between sorghum and sorghum + buffel grass silages. Higher dry matter contents were observed in all types of silages in the soft farinaceous stage and sorghum + massai grass silages in all grain maturation stages. Higher levels ($P < 0.05$) of crude protein were observed in the single sorghum silage in the soft farinaceous stage (9.00%), with buffel grass (9.62%) in the green stage and in the silage with massai grass (9.24%) and soft farinaceous stage (9.11%). Lower levels of neutral detergent and acid detergent fibers were observed in the single sorghum and sorghum + buffel grass silages in the soft farinaceous stage. Higher *in vitro* dry matter digestibility was observed in the silages with buffel grass in the soft farinaceous stage (55.57%) and higher in the silages with massai grass at the milky stage (43.07%). Sorghum silages were classified as of excellent quality. The sorghum silages in the single condition should be applied in the soft farinaceous stage. When in consortium condition, they should be applied with buffel grass in the soft farinaceous stage, and with massai grass, in the milky stage.

Keywords: Buffel grass. Massai grass. Semiarid. *Sorghum bicolor*

3.1 Introdução

Diante das opções de espécies forrageiras destinadas à ensilagem, o milho e o sorgo são as culturas mais utilizadas para esse propósito, porém o sorgo é mais produtivo que o milho, apresenta flexibilidade em diferentes sistemas de produção e destaca-se como a primeira cultura utilizada em regiões mais áridas e semiáridas (PEDREIRA et al., 2003).

Por ser mais exigente em solo e água, o milho apresenta limitações de exploração em determinadas regiões, dessa forma, o uso do sorgo vem crescendo devido aos baixos custos de cultivo, alta eficiência fotossintética, tolerância a condições de estresse hídrico, resistência a pragas e doenças (PARRELLA et al., 2010) e suas silagens equivalem entre 72 a 92% das silagens de milho, sendo ótima alternativa para alimentação animal (DEMARCHI et al., 1995; SILVA et al., 1999).

Nos últimos anos, a adoção de sistemas consorciados têm despertado o interesse da classe produtora pelas vantagens que apresenta em relação aos sistemas de monocultivo. A utilização de gramíneas forrageiras associadas a culturas anuais produtoras de grãos pode favorecer a diminuição dos custos para a formação e recuperação de pastagens, além de permitir a formação de inúmeros consórcios com várias culturas, dentre elas o arroz, soja, milho, sorgo e milheto (CARVALHO et al., 2014).

Nesse sentido foi desenvolvido o Sistema Santa Fé que tem como princípio o consórcio de culturas graníferas anuais associadas com gramíneas forrageiras. A versatilidade desse sistema permite o uso de diferentes forrageiras adaptadas para cada região em uma mesma área, além de contribuir para a proteção do solo e a melhoria das suas características físicas, químicas e biológicas (KLUTSCOUSKI et al., 2000).

Em se tratando do cultivo de sorgo em sistemas consorciados, este apresenta a vantagem da rebrota devido à capacidade de conservar ativo seu sistema radicular. Essa característica da cultura permite mais de um corte durante a época de cultivo, além de proporcionar elevada produção de biomassa (TOMICH et al., 2004).

Dada a importância do sorgo na alimentação animal, a confecção de silagens dessa cultura oriundas do consórcio com gramíneas pode contribuir positivamente na composição química e melhorar o perfil de fermentação das mesmas.

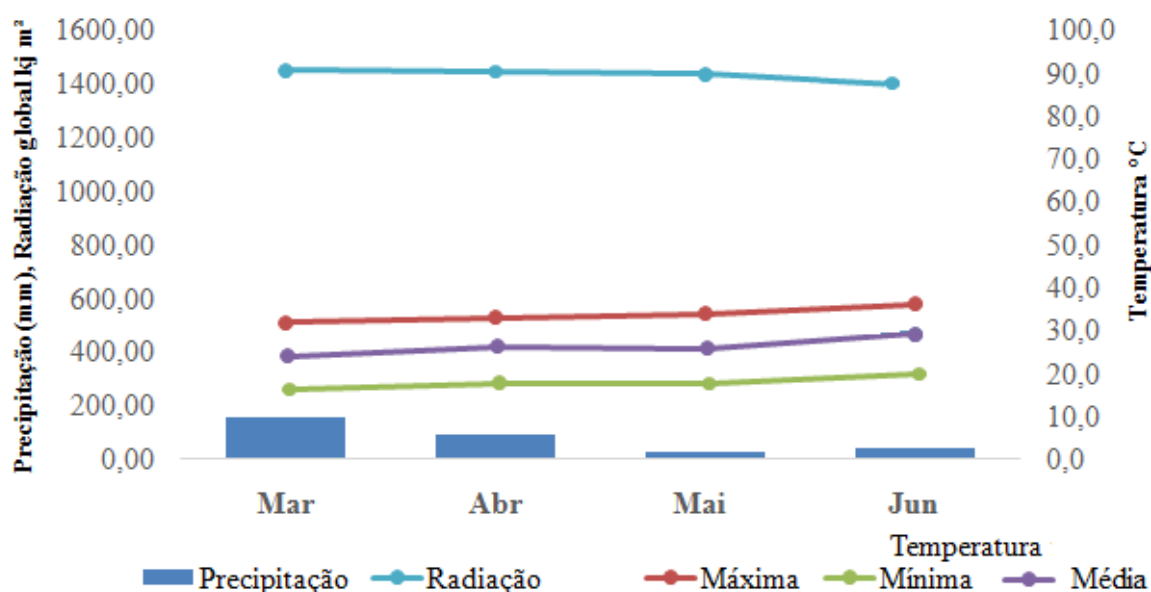
O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição físico-química das silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação dos grãos consorciadas com gramíneas forrageiras em condições de sequeiro no semiárido brasileiro.

3.2 Material e Métodos

A produção do material forrageiro a ser ensilado ocorreu no ano de 2015 em área da Fazenda Experimental Santa Rita, pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), situada a 3° 42' 59" de latitude Sul e 40° 23' 87" de longitude Oeste, altitude de 75m, localizada no município de Sobral, estado do Ceará, Brasil.

O clima da região, pela classificação de Köppen e Geiger (1928) é do tipo BSh, com estação chuvosa de janeiro a junho e período seco de julho a dezembro. Os dados relativos às condições climáticas durante o período de produção forrageira (março a junho) foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o município de Sobral-Ceará no ano de 2015, (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação global do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE



Fonte: Dados da Rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017)

O solo da área foi identificado como Neossolo flúvico, segundo SANTOS et al. (2013). Realizou-se uma amostragem do solo no início da instalação do experimento, onde foram feitas amostras compostas (0 - 20 cm de profundidade), para determinar as características químicas do solo (Tabela 1).

As áreas receberam adubação de plantio padrão com nitrogênio, fósforo e potássio, conforme deficiências que foram identificadas na análise de solo. Após isso, o preparo do solo para o plantio consistiu de aração e gradagem.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Ca	Mg	Na	SB	pH	H+AL	Al³⁺	CTC	M.O
.....mg dm ⁻³						H ₂ Ommol _c dm ⁻³			g dm ⁻³
2,0	2,0	99	10	1,0	81	5,9	112	193	1	6,1

P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; SB – soma de bases; pH – potencial hidrogeniônico; H+ AL – acidez potencial; Al³⁺ – alumínio; CTC – capacidade de troca de cátions; M.O. – matéria orgânica.

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) cv. BRS Ponta Negra foi semeada no início do mês de março do ano de 2015, correspondendo ao período chuvoso. Foram utilizados 100 kg/ha de adubo químico nas proporções 10-28-20 (N-P-K), sendo as fontes de N-P-K: uréia, superfosfato simples (P₂O₅) e cloreto de potássio (K₂O), respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após o plantio, com 50 kg/ha de nitrogênio.

As parcelas para coleta de material forrageiro para a ensilagem possuíam 7 m de comprimento x 4 m de largura (28 m²), com distância entre linhas da cultura do sorgo (monocultivo) de 0,90 m e a distância entre linhas para a cultura do sorgo consorciada com as gramíneas de 0,45 m. As forrageiras capim-buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) cv. Áridus e capim-massai (*Megathyrsus maximum* x *M. infestum*) cv. Massai foram plantadas nas entrelinhas da cultura anual, sem utilização de adubos. Tanto para o monocultivo, quanto para os consórcios, foram utilizados três parcelas para coleta do material forrageiro.

O corte foi realizado a 5 cm de altura do solo com um cutelo, respeitando-se o estágio de maturação dos grãos da cultura, sendo de 69, 76 e 79 dias após o plantio, correspondendo aos estádios verde, leitoso e farináceo mole. Nesse caso, o sorgo não atingiu o estágio de grão farináceo duro, tendo o seu corte antecipado devido à falta de chuva e para evitar o ataque de pássaros.

Após o corte, o material foi picado em picadeira estacionária em partículas entre 1 e 2 cm, homogêneos manualmente e ensilados em silos confeccionados com tubos de “PVC” com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. No fundo de cada silo foi depositado 200 g de areia separados da forragem por uma camada de tecido de algodão, sendo possível medir a quantidade de efluentes retida.

A compactação foi feita com êmbulo de madeira e o fechamento com tampas de PVC dotadas de válvulas tipo “Bunsen” adaptadas em sua tampa para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. Os silos foram lacrados com fita crepe, tarados e pesados antes e

após seu fechamento. Foram preenchidos três silos experimentais de PVC com densidade correspondente a 600 kg m^{-3} .

Os dados de produção de matéria seca total do sorgo em monocultivo e consorciado com gramíneas, incluindo as proporções da cultura do sorgo e das gramíneas na ensilagem, estão apresentados na Tabela 2. Amostra representativa do material picado (original) foi retirada e congelada para caracterização bromatológica (Tabela 3).

Tabela 2. Produção de matéria seca total de sorgo cv. BRS Ponta Negra em monocultivo e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou com capim-massai cv. Massai, considerando épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de sorgo (verde, leitoso e farináceo mole) e respectivas proporções de sorgo e gramíneas na ensilagem

<i>Sorgo</i>	PMSt (kg ha^{-1})	% Cultura anual	% Gramínea
Verde	5.237,14	100	-
Leitoso	6.898,94	100	-
Farináceo mole	24.769,51	100	-
<i>Sorgo+Buffel</i>			
Verde	6.324,92	90	10
Leitoso	8.095,11	94	6
Farináceo mole	18.480,47	98	2
<i>Sorgo+Massai</i>			
Verde	8.606,96	90	10
Leitoso	11.280,74	87	13
Farináceo mole	15.077,87	88	12

PMSt kg ha^{-1} = produção de matéria seca total

Tabela 3. Composição físico-química do sorgo cv. BRS Ponta Negra colhido em monocultivo e consorciado com o capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai em épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de sorgo (verde, leitoso, e farináceo mole) e dos capins buffel e massai colhidos em monocultivo, antes da ensilagem

<i>Sorgo</i>	<i>Nutrientes (%MS)</i>									
	^a MS	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	CEL	HCEL	LIG
Verde	20,44	79,56	6,96	9,24	3,16	63,91	34,65	27,09	29,21	7,72
Leitoso	23,82	82,17	6,19	11,41	2,17	57,60	31,90	25,83	25,34	6,31
Farináceo Mole	26,42	81,27	6,47	8,49	2,58	50,57	27,07	17,54	23,45	8,78
<i>Sorgo+Buffel</i>										
Verde	22,30	79,95	7,62	9,54	2,87	68,82	38,90	30,30	30,80	8,06
Leitoso	22,83	82,60	6,80	7,38	2,60	60,70	33,70	27,91	25,81	5,76
Farináceo Mole	25,60	80,90	6,80	8,02	3,00	53,70	28,81	23,53	25,20	4,70
<i>Sorgo+Massai</i>										
Verde	23,36	83,68	8,50	10,02	2,62	73,41	42,27	36,40	31,45	5,46
Leitoso	26,27	82,78	7,27	7,78	1,50	65,07	24,68	19,30	52,33	9,26
Farináceo Mole	27,29	85,44	6,05	7,77	2,00	50,24	28,67	18,80	21,45	9,92

Gramíneas

Capim-buffel	26,30	82,23	9,53	9,95	2,01	67,76	43,90	36,21	24,15	7,80
Capim-massai	23,65	81,10	10,34	10,53	1,95	68,74	45,11	38,72	24,30	4,75

^aMS= matéria seca; MO= matéria orgânica; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE =extrato etéreo; FDN =fibra em detergente neutro; FDA =fibra em detergente ácido; CEL =celulose; HCEL =hemicelulose; LIG= lignina.

Transcorridos 90 dias, os silos foram abertos e pesados novamente. A porção central do silo foi homogeneizada e amostrada. Parte da amostra *in natura* foi utilizada para aferição do pH, utilizando-se um potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2, para a determinação do teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH₃ (% N total)] segundo metodologia de Bolsen et al. (1992) e para a determinação dos teores dos ácidos láctico, acético e butírico, segundo Ranjit e Kung Jr. (2000).

Outra parte da amostra *in natura* foi pesada em sacos de papel e levada para estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas para a determinação da matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo Willey em peneira com malha de 1,0 mm, colocadas em recipientes plásticos, identificadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

As análises físico-químicas, tanto do material original (antes da ensilagem) quanto do material pós-ensilagem, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Caprinos e Ovinos. Foram determinados os teores de matéria seca-MS (AOAC 934.01), cinzas (AOAC 942.05), proteína bruta-PB obtida pela determinação do N total, utilizando a técnica micro-Kjeldahl (AOAC 920.87) e extrato etéreo-EE (AOAC 920.85), segundo AOAC (1990).

A α -amilase termoestável foi usada no procedimento para determinação de fibra em detergente neutro (FDN) sem o uso de sulfito de sódio (VAN SOEST et al., 1991). A fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada de acordo com a AOAC (1990) (AOAC 973.18) e ambas as frações de fibra foram expressas incluindo cinzas residuais. As ligninas foram determinadas pela solubilização da celulose com ácido sulfúrico, como descrito por Robertson e Van Soest (1981). A digestibilidade *in vitro* da MS foi determinada como descrito por Tilley e Terry (1963).

O teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com Licitra et al. (1996). Foi ainda calculado o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) segundo a equação proposta pelo NRC (2001) em que: %NDT = %CNFd + %PBd + (%AGd x 2,25) + %FDNnd -7, em que: CNFd corresponde aos carboidratos não fibrosos digestíveis, PBd à proteína bruta digestível, AGd

aos ácidos graxos digestíveis, FDNnd à fibra em detergente neutro corrigida para nitrogênio digestível e o valor 7 refere-se ao NDT fecal metabólico,

Os teores de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos mediante as equações de Sniffen et al. (1992):

- $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$
- $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{cp} + \%MM)$.

Também foram definidas notas de classificação da qualidade da silagem, segundo Tomich et al. (2003), considerando os valores médios de MS, pH, teor de N-NH₃/NT e concentrações de ácidos acético e butírico. Para cada parâmetro foram obtidas notas com variação de 0 a 50 pontos que, após somadas, estabeleceram as seguintes classificações: silagem de péssima qualidade (<30 pontos); silagem de qualidade ruim (entre 30-49 pontos); silagem de qualidade regular (entre 50-69 pontos); silagem de boa qualidade (entre 70-89 pontos) e silagem de excelente qualidade (90-100 pontos).

Em relação ao estudo sobre a eficiência do processo fermentativo, também foram avaliados os seguintes parâmetros: perdas por efluentes, recuperação da matéria seca e perdas por produção de gases, segundo Jobim et al. (2007), descritas a seguir.

- *Determinação da produção de efluentes*

Para a determinação da produção de efluentes, após retirar toda a silagem, a areia foi quantificada e de sua massa foi subtraído o peso original obtido antes do enchimento dos silos.

$$E = \{[(Pvab - Tb) - (Pvfe - Tb)] / MFfe\} \times 1000$$

Onde:

E = produção de efluentes (kg/t MV de silagem);

Pvfe = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg);

Pvab = peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg);

Tb = tara do silo vazio (kg);

MFfe = massa de forragem no fechamento (kg)

- *Determinação das perdas por gases (%)*

As perdas por gases foram calculadas pela subtração do peso do silo cheio computado na abertura em relação àquele observado no fechamento com a presença de areia.

$$G = [((MF_{en} \times MS_{en}) - (MF_{ab} \times MS_{ab})) / (MF_{en} \times MS_{en})] \times 100$$

onde:

G = perdas por gases;

MF_{en} = massa de forragem na ensilagem (kg);

MS_{en} = teor de matéria seca da forragem na ensilagem (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

- *Determinação da taxa de recuperação da matéria seca (RMS)*

A recuperação da matéria seca foi obtida pelo quociente entre a quantidade de matéria seca recuperada dos silos (abertura) e a quantidade de matéria seca inicialmente acondicionada nos silos (fechamento), expressa em porcentagem.

$$RMS = [(MF_{ab} \times MS_{ab}) / (MF_{fe} \times MS_{fe})] \times 100$$

Onde:

RMS = Recuperação de matéria seca (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da silagem na abertura (%);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg);

MS_{fe} = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Considerando-se o preparo de três mini-silos de PVC para cada consórcio e estádios de maturação em que as colheitas foram realizadas, adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, sendo três tipos de consórcios: sorgo em monocultivo (testemunha), sorgo+capim-buffel e sorgo+capim-massai. Como medidas repetidas no tempo, os estádios de maturação dos grãos (sorgo verde, sorgo leitoso e sorgo farináceo mole) com três repetições, totalizando 27 unidades experimentais (mini-silos).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, para verificar as prerrogativas básicas para análise de variância. As médias foram consideradas diferentes quando $P < 0,05$ comparadas com o uso do PDIFF pelo teste de Tukey. Antes das análises de comparação de médias foi realizada a modelagem da matriz de covariância que melhor se ajustou para cada variável avaliada, a escolha da matriz foi definida pela estrutura que apresentou menor valor de AIC (*Akaike's Information Criterion*). As análises foram

realizadas por meio do procedimento MIXED do programa estatístico SAS® (Edition University, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), usando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + \beta_{ik} + E_j + (C \times E_{ij}) + \varepsilon_{ijk},$$

Onde Y_{ijk} é a variável dependente do experimento medida na unidade experimental “k” do tipo de consórcio “i” e o estágio fenológico do grão “j”; μ é a constante geral; C_i é o efeito consórcio “i”; β_{ik} é o efeito do erro aleatório da unidade experimental “k” no tratamento “i”; E_j é o efeito do estágio fenológico do grão “j”; $C \times E_{ij}$ é o efeito da interação entre o tipo de consórcio “i” e o estágio fenológico do grão “j”; e ε_{ijk} é o efeito do erro aleatório.

3.3 Resultados e discussão

Os dados referentes ao perfil fermentativo e classificação da qualidade de silagens de sorgo solteiro e consorciadas estão dispostos na Tabela 4. Valores mais elevados de pH foram observados nas silagens de sorgo+massai. As médias de pH no entanto, permaneceram dentro da faixa recomendada (3,8-4,2) para silagens de boa qualidade (McDONALD et al., 1991).

Tabela 4. Perfil fermentativo e classificação da qualidade de silagens de sorgo solteiro cv. BRS Ponta Negra e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de sorgo (verde, leitoso e farináceo mole)

Silagens	Estádios dos grãos			Média	*EPM	P-valor		
	Verde	Leitoso	F. mole			Sil ¹	Est ²	Sil*Est ³
		pH						
Sorgo	3,66	3,83	3,71	3,73A				
Sorgo+ buffel	3,71	3,80	3,74	3,75A	0,01	<0,0001	0,0007	0,2704
Sorgo+massai	3,80	3,81	3,80	3,30A				
Média	3,72A	3,75A	3,75A					
		Perdas por gases (%MS)		Média				
Sorgo	23,66bB	30,52bA	46,71aA	33,66				
Sorgo+ buffel	29,25bAB	32,80bA	38,80aB	33,62	1,41	0,5871	<0,0001	0,0083
Sorgo+massai	34,50aA	31,90bA	37,75aB	34,70				
Média	29,13	31,73	41,10					
		Perdas por efluentes (kg/t)		Média				
Sorgo	17,50	11,26	12,74	13,85A				
Sorgo+ buffel	14,96	11,66	11,30	12,65A	0,75	0,0022	0,0001	0,6910
Sorgo+massai	12,05	6,30	5,84	8,06B				
Média	14,85A	9,73B	9,95B					
		Recuperação da MS		Média				

Sorgo	75,95aA	69,50aA	53,30bB	66,23				
Sorgo+ buffel	70,74aAB	67,20abA	61,20bA	66,40	1,41	0,7547	<0,0001	0,0104
Sorgo+massai	65,50aB	68,50aA	62,24aA	65,40				
Média	70,73	68,40	58,90					
Ácido lático (%MS)				Média				
Sorgo	4,50	2,63	3,22	3,45B				
Sorgo+ buffel	5,82	3,41	4,12	4,45AB	0,44	0,0133	0,0406	0,6783
Sorgo+massai	7,77	3,27	6,53	5,85A				
Média	6,02A	3,10B	4,62AB					
Ácido acético (%MS)				Média				
Sorgo	2,45	2,24	2,24	2,31B				
Sorgo+ buffel	2,41	2,11	2,14	2,22B	0,13	0,0395	0,0626	0,2244
Sorgo+massai	2,23	3,90	2,40	2,83A				
Média	2,36A	2,74A	2,25A					
Ácido butírico (%MS)				Média				
Sorgo	0,01	0,03	0,02	0,02A				
Sorgo+ buffel	0,02	0,08	0,03	0,04A	0,05	0,2091	0,0536	0,1821
Sorgo+massai	0,01	0,50	0,03	0,18A				
Média	0,01A	0,20A	0,02A					
⁴ N-NH ₃ /NT				Média				
Sorgo	3,31aB	3,91aA	4,07aA	3,76				
Sorgo+ buffel	5,85aA	1,73bB	4,05aA	3,87	0,28	0,0188	0,0390	0,0489
Sorgo+massai	3,24aB	1,90aB	2,63aA	2,60				
Média	4,13	2,51	3,60					
Qualidade da silagem				Média				
Sorgo	98,33	90,00	100,00	96,11A				
Sorgo+ buffel	98,33	88,33	93,33	91,66A	2,13	0,2619	0,7453	0,7978
Sorgo+massai	100,00	93,33	90,00	94,64A				
Média	98,90A	89,10A	94,45A					

*EPM= erro padrão da média; ¹Sil= consórcios; ²Est= estádios de maturação dos grãos; ³Sil*Est= interação entre tipos de silagens e estádios de maturação dos grãos; ⁴N-NH₃/NT= nitrogênio amoniacal como proporção do nitrogênio total; Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas (estádios x consórcios) e maiúsculas nas colunas (consórcios x estádios) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Segundo Woolford (1972) o decréscimo rápido do pH estabelece um ambiente ácido na massa ensilada, dessa maneira torna a preservação da mesma mais eficiente, tendo em vista que o estabelecimento do ambiente anaeróbico no silo é mais rápido e a extensão da degradação aeróbia das proteínas e carboidratos é menor, além da reduzida ação das bactérias do gênero *Clostridium*.

As perdas por gases foram significativamente maiores nas silagens de sorgo solteiro no estágio farináceo mole e nas silagens de sorgo+massai no estágio leitoso (Tabela 4). Os

baixos teores de MS observados para essas silagens (Tabela 5) podem ter favorecido a presença de bactérias indesejáveis com maior produção de ácidos fracos.

As perdas por gases estão associadas ao perfil de fermentação ocorrido na silagem. Maiores perdas ocorrem quando no processo há maior participação de bactérias heterofermentativas que utilizam glicose como substrato para a síntese de ácido acético e etanol durante a fermentação, além de liberar CO₂ e gastar a energia contida na massa ensilada (McDONALD et al., 1981).

Perdas mais elevadas pela produção de efluentes foram verificadas nas silagens de sorgo solteiro e sorgo+buffel no estádio verde (Tabela 4). A produção excessiva de efluentes ao longo do processo fermentativo é responsável pela elevação dos componentes fibrosos, principalmente em função da lixiviação dos compostos solúveis em água (VAN SOEST, 1994). Os baixos teores de MS (Tabela 3) verificados nas silagens confeccionadas no estádio verde (Tabela 3) podem ter favorecido fermentações secundárias com ação de bactérias do gênero *Clostridium* e resultado na maior produção de efluentes. Segundo Haigh (1999), a forragem quando ensilada com alto teor de umidade, ocasiona perdas de MS por efluentes, que podem atingir até 10% na MS, valores superiores a este foram verificados neste trabalho.

A RMS indicaram foi maior para as silagens de sorgo nos estádios verde e leitoso (Tabela 4). Menor RMS ocorreu nas silagens de sorgo+massai em relação às silagens de sorgo, ambas sendo semelhantes às silagens de sorgo+buffel no estádio verde. Não houve diferenças entre os tipos de silagens no estádio leitoso e a menor RMS no estádio farináceo mole ocorreu para as silagens de sorgo (Tabela 4).

Esses resultados estão de acordo com as perdas por gases observadas para as mesmas silagens (Tabela 4). Durante a fermentação realizada por bactérias produtoras dos ácidos acético e butírico, há elevada produção de gases e redução do teor de MS com perdas de energia. É provável que onde houve maior recuperação da MS das silagens de sorgo, houve menor produção de gases (McDONALD et al., 1991).

Os teores de ácido lático foram superiores nas silagens de sorgo+massai em relação às silagens de sorgo, sendo ambos similares ao da silagem de sorgo+buffel (Tabela 4). Roth e Undersander (1995) afirmaram que a quantidade necessária de ácido lático para reduzir rapidamente o pH deve ser de 4 a 6%, obtidos no presente trabalho. As diferenças encontradas para os teores de ácido lático entre as silagens de sorgo pode ser resultado dos baixos teores de MS do material ensilado (Tabela 3), nesse caso, a baixa umidade pode ter favorecido a presença de bactérias produtoras de ácido acético e butírico em relação às produtoras de ácido lático, competindo pelo mesmo substrato e reduzindo os teores de ácido lático.

O teor de ácido acético foi maior nas silagens de sorgo+massai (Tabela 4). A presença do ácido acético está relacionada a fermentações secundárias, sendo de menor eficiência energética quando comparada à fermentação homolática. Os teores de ácido acético observados neste trabalho estão acima do limite de 2,5%, recomendado para silagens bem fermentadas conforme Tomich et al. (2003).

McDonald et al. (1991) relataram que a presença do ácido acético em teores superiores a 2% na MS pode demonstrar a ação de enterobactérias que contribuem para a redução do consumo de silagem por ruminantes, já que há gasto energético por perda de MS e produção de CO₂.

Os teores de ácido butírico não resultaram em diferenças entre os tipos de silagens e estádios (Tabela 4). Os teores médios de ácido butírico nas silagens de sorgo verificados neste trabalho estão na faixa limite recomendada na literatura que seria $\leq 0,2\%$ MS para caracterização de silagens bem preservadas (CATCHPOOLE e HENZEL, 1971). A presença deste ácido está relacionada a grandes perdas de MS e energia, resultantes principalmente da ação clostridiana dentro do silo (VAN SOEST, 1994). Os baixos teores de MS (Tabela 5) pode ter favorecido condições para a ação de enterobactérias e clostrídios para a produção destes ácidos nas silagens.

As silagens de sorgo+buffel apresentaram os menores teores de N-NH₃/NT no estágio leitoso (Tabela 4). Embora tenha sido observado diferenças entre as silagens e estádios, os valores de N-NH₃/NT obtidos no presente trabalho estão dentro do aceitável para silagens bem fermentadas, ou seja, abaixo de 10% na MS, conforme Tomich et al. (2003). Esse resultado pode estar relacionado pela baixa atividade das enzimas proteolíticas em decorrência do rápido decréscimo do pH (Tabela 4) promovido pelos maiores teores de CNF (Tabela 5), o que teria propiciado maior aporte de substrato para os microrganismos.

Não houve diferenças para as notas de classificação da qualidade das silagens (Tabela 4) entre os tipos de silagens e os estádios. Todas puderam ser consideradas como de excelente qualidade conforme Tomich et al. (2003). Na avaliação sugerida pelos autores, os parâmetros que contribuíram para esse resultado foram os baixos teores de N-NH₃/NT, valores adequados de pH e teores de ácido butírico dentro do aceitável (Tabela 4).

Os dados referentes à composição físico-química das silagens de sorgo solteiro e consorciadas nos diferentes estádios de maturação dos grãos estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Composição físico-química (% MS) de sorgo solteiro cv. BRS Ponta Negra e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de sorgo (verde, leitoso e farináceo mole)

Silagens	Estádios dos grãos			Média	*EPM	P-valor		
	Verde	Leitoso	F. mole			Sil ¹	Est ²	Sil*Est ³
	Matéria seca			Média				
Sorgo	19,13bB	20,63bB	22,71aB	20,82				
Sorgo+ buffel	20,68bB	21,82bAB	23,91aA	22,13	0,34	0,0037	0,0019	0,0013
Sorgo+massai	22,60aA	24,30aA	22,07aB	23,00				
Média	20,80	22,25	22,90					
	Matéria orgânica			Média				
Sorgo	81,61bB	86,50aA	86,61aA	84,91				
Sorgo+ buffel	82,59bA	84,47aB	84,25aB	83,77	0,39	0,0048	<0,0001	0,0010
Sorgo+massai	82,93bA	82,27bC	85,30aB	83,50				
Média	82,40	84,41	85,40					
	Matéria mineral			Média				
Sorgo	7,86aAB	7,55aB	6,10bC	7,17				
Sorgo+ buffel	7,06aB	7,38aB	7,27aB	7,24	0,19	0,0003	0,0914	0,0033
Sorgo+massai	8,05bA	8,79aA	8,86aA	8,60				
Média	7,66	7,90	7,41					
	Proteína bruta			Média				
Sorgo	7,11bC	7,23bC	9,00aA	7,80				
Sorgo+ buffel	9,62aA	8,54bB	8,06bA	8,74	0,21	0,0174	0,2421	0,0001
Sorgo+massai	7,90bB	9,24aA	9,11aA	8,75				
Média	8,21	8,34	8,72					
	Extrato etéreo			Média				
Sorgo	2,67aA	1,68bB	1,44bC	1,93				
Sorgo+ buffel	3,35aA	3,28aA	3,86aA	3,50	0,21	<0,0001	0,1683	0,0087
Sorgo+massai	1,34bB	2,00bB	3,14aA	2,16				
Média	2,46	2,32	2,81					
	Fibra em detergente neutro			Média				
Sorgo	69,23bA	73,57aA	58,67cB	67,16				
Sorgo+ buffel	62,67bC	70,82aB	53,53cC	62,34	1,31	<0,0001	0,1683	0,0087
Sorgo+massai	65,55aB	65,77aC	64,13aA	65,15				
Média	65,82	70,05	58,77					
	Fibra em detergente ácido			Média				
Sorgo	42,25aA	45,11aA	35,50bB	40,94				
Sorgo+ buffel	37,00bB	45,18aA	31,85cB	38,00	1,00	0,0302	<0,0001	0,0059
Sorgo+massai	38,17bB	43,26aA	41,73abA	41,04				
Média	39,13	44,51	36,35					
	Celulose			Média				
Sorgo	32,40	36,56	29,04	32,66A				
Sorgo+ buffel	31,44	37,00	26,67	31,70A	0,84	0,2044	0,0002	0,6000

Sorgo+massai	34,73	36,80	31,76	34,42A				
Média	32,85B	36,90A	29,15C					
Hemicelulose				Média				
Sorgo	27,27aA	28,00aA	23,47bA	26,24				
Sorgo+ buffel	25,15aB	26,43aA	21,04bA	24,20	0,55	0,0038	<0,0001	0,0010
Sorgo+massai	27,71aA	21,83bB	22,24bA	23,93				
Média	26,71	25,42	22,25					
Lignina				Média				
Sorgo	5,09	8,22	5,61	6,31A				
Sorgo+ buffel	4,00	6,18	4,33	4,83B	0,33	0,0144	0,0176	0,0864
Sorgo+massai	5,31	5,84	7,70	6,30A				
Média	4,80B	6,75A	5,90A					
⁴ NIDN				Média				
Sorgo	17,50aA	15,10aA	6,80bA	13,12				
Sorgo+ buffel	6,02aB	6,50aB	5,05aA	5,85	1,01	0,0003	0,0994	0,0128
Sorgo+massai	7,71aB	5,41aB	9,90aA	7,70				
Média	10,41	9,00	7,25					
NIDA				Média				
Sorgo	3,25aA	3,37aA	2,74aA	3,12				
Sorgo+ buffel	1,73bA	3,20aA	2,72aA	2,55	0,15	0,2859	0,0287	0,0450
Sorgo+massai	3,10aA	3,35aA	3,33aA	3,26				
Média	2,70	3,30	2,93					
CT								
Sorgo	80,75bA	83,55aA	83,45aA	82,58				
Sorgo+ buffel	80,00aA	78,80aB	80,80aA	78,86	0,45	0,1060	0,9573	0,0005
Sorgo+massai	82,70aA	81,41aA	78,90bB	81,00				
CNF				Média				
Sorgo	15,91bA	12,60bA	26,70aAB	18,40				
Sorgo+ buffel	20,05bA	11,05cB	30,10aA	20,40	1,33	0,4302	<0,0001	0,0370
Sorgo+massai	21,00aA	18,70aA	21,45aB	20,38				
Média	19,00	14,11	26,08					
DIVMS				Média				
Sorgo	43,06aB	47,01aA	45,64aB	45,24				
Sorgo+ buffel	51,81aA	41,56bA	55,57aA	49,64	1,00	0,0138	0,0207	0,0017
Sorgo+massai	43,86aB	47,03aA	44,90aB	45,25				
Média	46,24	45,20	48,70					

*EPM= erro padrão da média; ¹sil= tipos de silagens; ²est= estádios de maturação dos grãos; ³sil*est= interação entre tipos de silagens e estádios de maturação dos grãos; ⁴NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; CT= carboidratos totais; CNF= carboidratos não fibrosos; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas (estádios x silagens) e maiúsculas nas colunas (silagens x estádios) diferem entre si pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Os teores de MS foram maiores nas silagens confeccionadas no estágio farináceo mole para as silagens de sorgo solteiro e de sorgo consorciadas com capim-buffel (Tabela 5).

Resultado esperado, visto que as plantas ao ficarem mais maduras, aumentam o teor de MS, devido principalmente à elevação do percentual de material senescente (SILVA et al., 2009).

Não houve diferenças no estágio farináceo mole para as silagens de sorgo com capim-massai (Tabela 5). A maior participação do capim-massai (Tabela 2) no consórcio em todos os tipos de silagens de sorgo pode ter contribuído para o aumento da MS, haja vista que esta gramínea apresentou teores de MS mais elevados (Tabela 3) que a cultura do sorgo no momento da ensilagem.

No estágio verde, a MS foi maior nas silagens de sorgo+massai (Tabela 5). O fato do capim-massai ter sido colhido em estágio reprodutivo pode ter contribuído com maior proporção de material senescente e elevado os teores de MS. No estágio leitoso, a MS foi maior também nas silagens de sorgo+massai em relação às silagens de sorgo, ambas semelhantes às silagens de sorgo+buffel.

No estágio farináceo mole, a MS mais elevada ocorreu para as silagens de sorgo+buffel (Tabela 5). Embora tenha sido verificado aumento nos teores de MS nas silagens de sorgo quando consorciadas, esta elevação não foi suficiente para aumentar o conteúdo de MS aos teores considerados ideais para uma boa fermentação das silagens, entre 28-35% (McDONALD, 1981).

A cultivar de sorgo forrageiro utilizado, BRS Ponta Negra tem por características agronômicas, porte elevado, colmos suculentos e alta produção de folhas (MIRANDA e PEREIRA, 2006). É possível que, no momento do corte, os teores de umidade presentes no colmo e folhas estivessem elevados, contribuindo para a permanência do baixo teor de MS.

Para os valores de MM, menores teores foram verificados no estágio farináceo mole apenas para as silagens de sorgo. E no estágio verde, menores teores para as silagens de sorgo+massai (Tabela 5). De maneira geral, os teores médios de MM apresentaram leve superioridade em relação aos teores do material original (antes da ensilagem). O incremento dos teores de MM de silagens é provavelmente explicado por perdas de MO ocorridas durante o processo fermentativo (McDONALD et al., 1991), como também por contaminação por solo em decorrência do corte e colheita, tendo em vista o corte ter sido realizado rente ao solo.

Menores teores de MO (Tabela 5) foram identificados no estágio verde para todos os tipos de silagens. Para o caso das silagens de sorgo+massai, no estágio leitoso também foi observado o menor valor. Nos estádios leitoso e farináceo mole, as maiores concentrações de MO ocorreram nas silagens de sorgo. No estágio verde, a adição de gramíneas favoreceu as concentrações de MO.

Este resultado pode ter relação com as perdas ocasionadas por produção de gases e efluentes observados na Tabela 4. Perdas mais elevadas por efluentes no estágio verde dos grãos (Tabela 4) podem ter sido determinantes para os menores teores de MO, já que considerável parte do conteúdo celular é perdido via lixiviação durante a produção dos efluentes.

Em relação aos teores de PB, as silagens de sorgo solteiro apresentaram maiores valores no estágio farináceo mole. Quando em consórcio, os maiores valores ocorreram no estágio verde para as silagens de sorgo+buffel, e nos estádios leitoso e farináceo mole para as silagens de sorgo+massai (Tabela 4). Segundo Cabon (1996), o teor de nitrogênio é estável durante o período de enchimento do grão e da maturação da espiga, quando expresso em relação a MS, entretanto, este teor é reduzido ligeiramente em estádios mais avançados de maturidade. Segundo Nunes et al. (2005), as principais proteínas do sorgo são as prolaminas que compõem 70% das proteínas de reservas presentes no endosperma do sorgo. Elas são sintetizadas durante o desenvolvimento do endosperma e seu acúmulo ocorre nos corpos protéicos.

Provavelmente, houve contribuição dos teores de PB das gramíneas na elevação deste nutriente, haja vista que na composição inicial do material antes da ensilagem, as gramíneas apresentaram teores mais de PB próximos aos da cultura do sorgo (Tabela 3). Quando a colheita for feita no estágio verde, em termos de PB, melhor seria ensilar o sorgo com o capim-buffel (plantas em área consorciada). Se a colheita for realizada no estágio leitoso, o ideal é o consórcio com o capim-massai. Se a colheita for realizada no estágio farináceo mole, os três tipos de silagens resultaram em valores semelhantes (Tabela 5).

Os valores obtidos neste trabalho para os teores de PB das silagens de sorgo, estão condizentes com a literatura, pois, segundo Waniska e Rooney (2000), as proteínas do grão de sorgo apresentam uma variação entre 7 a 15% na MS do grão inteiro e entre 9 a 13% no endosperma, sendo uma importante fonte nutritiva.

Ao comparar a PB das silagens (Tabela 5) com a PB do material original (Tabela 3) percebe-se que praticamente não houve reduções. Isso indica que, embora tenha ocorrido proteólise oriunda da atividade das enzimas da planta ou daquela produzida pelas bactérias do gênero *Clostridium* (WOOLFORD, 1984), estas não foram suficientes para promover grandes alterações, fato esse comprovado pelo baixo conteúdo de N-NH₃/NT e ácido butírico (Tabela 4).

Quanto ao EE, as maiores concentrações ocorreram no estágio verde para as silagens de sorgo e no estágio farináceo mole para as silagens de sorgo+massai. Para as silagens de

sorgo+buffel, não houve diferenças entre os estádios (Tabela 3). Os baixos teores de EE das silagens de sorgo+massai nos estádios verdes e leitoso podem estar relacionados ao fato do capim-massai não apresentar teores elevados de EE (Tabela 3), pelo sorgo ter sido colhido em estágio inicial de preenchimento do grão e não apresentar elevados teores deste nutriente.

Com relação às frações fibrosas (Tabela 5), teores mais elevados de FDN foram observados no estágio leitoso para as silagens de sorgo e sorgo+buffel. Não é de se esperar que haja teores elevados de componentes fibrosos em silagens de sorgo colhidos na fase de grãos em estágio leitoso.

Ao observar os dados antes da ensilagem (Tabela 3) percebe-se que os teores de FDN para a cultura nesse estágio já estavam elevados, é possível que a baixa precipitação ocorrida durante o cultivo associada às altas temperaturas e radiação solar (Figura 1) tenham favorecido o aumento da parede celular.

Esse resultado também pode estar relacionada aos baixos teores de MS, menores que 28%, o que pode ter induzido fermentações secundárias e ocasionado produção de efluentes (Tabela 4) podendo ter elevado os teores de componentes fibrosos por efeito de concentração. Não houve diferenças para os teores de FDN entre os estádios de maturação dos grãos para as silagens de sorgo+massai.

Para os tipos de silagens, maiores teores de FDN foram verificados nas silagens de sorgo nos estádios verde e leitoso (Tabela 5). Vale mencionar que o porte alto da cultivar acima de 2,0 m de altura e maior proporção de colmo em relação às folhas, também pode ter contribuído para elevação dos teores de FDN nas silagens de sorgo, podendo também ter interferido no processo de fermentação das silagens em função do maior teor de fibra, e reduzindo sua digestibilidade (Tabela 5).

Em suma, além das perdas por efluentes, as condições climáticas a que estavam submetidas a cultura do sorgo e as gramíneas buffel e massai, com temperaturas elevadas e baixa disponibilidade de água (Figura 1), estes fatores também podem ter induzido a matriz extracelular das plantas para a necessidade da conversão de células do tipo parênquima para células do tipo esclerênquima, resultando no incremento da parede celular e resultando nos teores elevados de FDN (RIBEIRO et al., 2008).

Valores elevados de FDN observados no presente estudo nas silagens de sorgo e de sorgo em consórcio com os capins buffel e massai, nos estádios verde e leitoso, estão acima dos 70% da MS, podendo influenciar de forma negativa no consumo dos animais. Segundo Cruz e Pereira Filho (2001), valores de FDN nas silagens inferiores a 50% são mais

desejáveis. De acordo com Van Soest, et al. (1991), teores elevados de FDN na matéria seca estão negativamente correlacionados com o seu consumo e digestibilidade.

A FDA das silagens de sorgo solteiro foi maior no estágio verde e maior para todas as silagens no estágio leitoso (Tabela 5). O fato de terem sido observados teores mais elevados de FDA em estádios menos avançados pode estar relacionado com as condições climáticas durante o cultivo da cultura, com baixa precipitação e altas temperaturas (Figura 1). Contudo, o sorgo é uma planta que apresenta boa performance sob restrição hídrica, não reduzindo sua produção de biomassa e ajustando o conteúdo dos seus metabólitos sob baixa precipitação (SANTOS et al., 2014).

Segundo Bernardes (2015) nas fases iniciais, os grãos de sorgo são preenchidos por um líquido de coloração branca, o qual é constituído basicamente por glicose, que posteriormente é convertido em amido que preenche todo o grão, ou seja, rico em conteúdo celular e baixa concentração de componentes fibrosos. Dessa forma, é possível que os baixos teores de MS (Tabela 5) propiciaram meios para fermentações secundárias e produção de efluentes (Tabela 4), contribuindo para o aumento da parede celular e elevação dos componentes fibrosos das silagens.

Os menores teores de HCEL ocorreram no estágio farináceo mole para os três tipos de silagens. No caso específico da silagem de sorgo+massai, o valor verificado no estágio farináceo mole foi similar àquele do estágio leitoso. No estágio verde, o menor valor ocorreu para as silagens de sorgo+buffel. No estágio leitoso, para as silagens de sorgo+massai e no estágio farináceo mole, não houve diferenças (Tabela 5).

Não houve diferenças entre os teores de celulose para as silagens avaliadas (Tabela 5). Este resultado acompanha o comportamento dos dados de FDA, haja vista que a celulose corresponde à maior fração da FDA. A celulose é um dos componentes da parede celular com menor digestibilidade, podendo contribuir com a redução do consumo animal (VAN SOEST, 1994). Valores mais baixos de celulose ocorreram nas silagens colhidas quando os grãos estavam no estágio farináceo mole (Tabela 5).

Valores elevados de lignina foram observados nas silagens de sorgo e de sorgo+massai nos estádios leitoso e farináceo mole (Tabela 5). Esse resultado pode estar relacionado à época de colheita, como também com a elevação dos componentes fibrosos em função das perdas por gases e efluentes (Tabela 4).

Segundo Jung (1989), a lignina na parede celular da forragem está negativamente associada à digestão da fibra pelo ruminante. Sua estrutura e tipo de ligações covalentes com

a hemicelulose colocam a lignina como principal contribuinte para a redução da disponibilidade dos nutrientes presentes no material forrageiro.

Com relação aos teores de NIDN (Tabela 5), foram verificados menores valores no estágio farináceo mole nas silagens de sorgo, sem diferenças entre os demais estádios para as silagens consorciadas. Para os tipos de silagens maiores teores ($P < 0,05$) foram observados nas silagens de sorgo nos estádios verde e leitoso, sem diferenças para as silagens de sorgo com capim-massai no estágio farináceo mole.

Segundo Van Soest (1994), os compostos nitrogenados dos volumosos estão em boa parte ligados à parede celular, com tendência de aumento com o avanço da idade de corte. O que não foi verificado neste trabalho, já que os maiores teores de NIDN foram observados nas silagens de sorgo nos estádios mais iniciais dos grãos. Para os teores médios de NIDA, apenas para as silagens de sorgo+buffel verificaram-se menores teores no estágio verde (Tabela 5).

É provável que a ocorrência da produção de efluentes (Tabela 4) pela ação de bactérias produtoras de ácidos fracos a partir do consumo do ácido láctico tenha induzido o aumento dos teores de NIDN e NIDA, uma vez que durante as fermentações secundárias, além da perda de energia, perda do conteúdo celular e produção de calor, pode haver a complexação de compostos nitrogenados à parede celular (McDONALD et al., 1991). O fato das gramíneas utilizadas nos consórcios terem sido colhidas em estado avançado de maturação (Tabela 2) também pode ter contribuído para esse resultado.

Para os CT, menores valores ocorreram no estágio verde nas silagens de sorgo e no estágio farináceo mole nas silagens de sorgo+massai (Tabela 5). Esse resultado pode estar relacionado com a maturação da planta e o aumento das estruturas de sustentação da mesma à medida que a cultura de sorgo avançava em idade.

Considerando-se os tipos de silagens, menores teores de CT foram observados nas silagens de sorgo+buffel no estágio leitoso (Tabela 5). Esse resultado pode ser atribuído à maior proporção de sorgo coletado (94%) em relação ao capim-buffel para a confecção das silagens consorciadas (Tabela 2).

Com relação aos teores de CNF (Tabela 3), maiores teores foram verificados no estágio farináceo mole nas silagens de sorgo solteiro e nas silagens de sorgo com capim-buffel. Sem diferenças entre os estádios para as silagens de sorgo+capim-massai. Segundo Borém et al. (2014), durante as fases de enchimento dos grãos, inicialmente há a presença de um líquido incolor rico em açúcares, sendo que à medida que as fases dos grãos avançam, há maior acúmulo de matéria seca e deposição de amido no endosperma. As menores perdas por

efluentes ocorridas nas silagens confeccionadas no estágio farináceo mole (Tabela 4) também poderiam justificar os maiores teores de CNF.

Para as silagens de sorgo solteiro e consorciadas (Tabela 5), não houve diferenças para os teores de CNF no estágio verde dos grãos. Esse resultado pode estar relacionado à maior participação de grãos do sorgo no momento da confecção das silagens (Tabela 2) onde a proporção da cultura em relação às gramíneas foi de 90%. Com maior teor de CNF nas silagens, estes servem de substrato para a fermentação e conversão em ácido lático tornando o processo fermentativo mais eficiente.

Considerando-se os valores de DIVMS, as silagens de sorgo+buffel apresentaram menores valores no estágio leitoso em relação aos estádios verde e farináceo mole (Tabela 5). Os maiores teores de FDN, FDA e lignina nas silagens de sorgo+buffel podem ter interferido negativamente sobre a digestibilidade *in vitro*. Nos estádios verde e farináceo mole, a maior DIVMS ocorreu para as silagens de sorgo+buffel. Independentemente dos resultados, verificou-se que a DIVMS em todos os tratamentos foi menor que 60%, sendo provável que os altos valores de componentes fibrosos, perdas por efluentes e gases tenham interferido nesse resultado.

Esse fato também pode estar relacionado ao tipo de cultivar utilizado. Em trabalho realizado por Antunes Neto et al. (2016), em que os autores avaliaram a produção de silagens de sorgo BRS Ponta Negra em pequenas propriedades no Norte de Minas Gerais, foi verificado que os valores de digestibilidade *in vitro* estiveram entre 43 e 57%, resultado atribuído à baixa precipitação do local refletindo na baixa qualidade da silagem.

Segundo White et al. (1991), a digestibilidade dos sorgos forrageiros é menor que a digestibilidade dos sorgos graníferos, em razão da maior proporção de colmo e folhas em detrimento das panículas. De acordo com Zago (1997), a panícula é a fração da planta de sorgo que apresenta maior coeficiente de digestibilidade da MS. Talvez a alta proporção de colmos e a perda de conteúdo celular por produção de efluentes podem também ter favorecido a redução da DIVMS.

Para Hodgson (1990) no início do desenvolvimento dos colmos, este componente é tão digestível quanto os tecidos foliares. Contudo, o processo de lignificação, mais intenso e rápido, reduz sua digestibilidade quando comparada aos demais componentes da planta, logo, este efeito negativo compromete o aproveitamento e a qualidade da forragem produzida.

3.4 Conclusão

As silagens de sorgo na condição solteira devem ser confeccionadas no estágio farináceo mole, quando consorciadas a indicação é utilizar o capim-buffel no estágio farináceo mole, no uso do capim-massai, a indicação é no estágio leitoso dos grãos.

4 CAPÍTULO III: COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS DE MILHETO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS CONSORCIADAS COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição físico-química e o perfil fermentativo de silagens de milho, colhido em diferentes estádios de maturação dos grãos, consorciado com gramíneas, sob condições de sequeiro. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Três tipos de silagens foram produzidas: silagem de milho oriundo de monocultivo (silagem de milho), silagem de milho oriundo de consórcio com o capim-buffel (silagem de milho+capim-buffel) e silagem de milho oriundo de consórcio com o capim-massai (silagem de milho+capim-massai) em três momentos de colheita, definidos pelos estádios de maturação dos grãos (leitoso, farináceo mole e farináceo duro), com três repetições (mini-silos de PVC), totalizando 27 unidades experimentais. Perdas mais elevadas por efluentes foram observadas em todos os tipos de silagens no estágio leitoso. Teores mais elevados de ácido acético foram observados nas silagens de milho com capim-buffel no estágio leitoso (2,40%) e nas silagens com capim-massai no estágio farináceo duro (2,30%). Teores mais altos de matéria seca foram observados no estágio farináceo mole nas silagens de milho+capim-buffel (31,00%) e silagens de milho solteiro no estágio farináceo duro (29,46%). Foram verificados teores mais elevados de proteína bruta nas silagens de milho no estágio leitoso com capim-buffel (11,00%) e capim-massai (10,02%). A fibra em detergente neutro e detergente ácido foi mais elevada nas silagens de milho no estágio leitoso (60,20%) e nas silagens de milho+capim-massai (54,00%) no estágio farináceo mole. A fibra em detergente ácido foi maior nas silagens de milho (33,40%) e no estágio leitoso (36,12%). A DIVMS foi mais elevada nas silagens de milho solteiro no estado farináceo mole (57,07%) e nas silagens com capim-buffel (52,00%) e massai (53,50%) no estágio farináceo duro. As silagens de milho foram classificadas como de regular a excelente qualidade. As silagens de milho solteiro devem ser confeccionadas no estágio farináceo mole. Quando em condição consorciada, a indicação é utilizar o capim-buffel e capim-massai a partir do estágio farináceo mole.

Palavras-chave: (*Pennisetum ciliare* (L.)). *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. Ruminantes.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the physicochemical composition and the fermentation profile of millet silages harvested at different grain maturation stages, intercropped with grasses under dry conditions. A completely randomized design with repeated measurements was adopted. Three types of silages were produced: millet silage from a monoculture (millet silage), millet silage from a consortium with buffel grass (millet + buffel grass silage) and millet silage from a consortium with massai grass (millet + massai grass silage) at three harvest times, defined by grain maturity stage (milky, soft farinaceous and hard farinaceous), with three replicates (mini-silos made of PVC), totaling 27 experimental units. pH values in all millet silages remained within the standard. Gas losses were highest in the single millet (32.30%) silage and lower in the silage with massai grass, both at the milky stage (17.34%). Higher effluent losses were observed in all types of silages at the milky stage. Higher levels of acetic acid were observed in millet silages with buffel grass in the milky stage (2.40%) and silage with massai grass in the hard farinaceous stage (2.30%). Higher levels of dry matter were observed in the soft farinaceous stage in the millet and buffel grass silages (31.00%) and single millet silage in the hard farinaceous stage (29.46%). Higher levels of crude protein were observed in millet silages at the milky stage with buffel grass (11.00%) and massai grass (10.02%). The neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents were higher in millet silages at the milky stage (60.20%) and millet + massai grass silage (54.00%) at the soft farinaceous stage. The acid detergent fiber was higher in the millet (33.40%) and milky stage (36.12%) silages. The DIVDM was higher in single millet silages in the soft farinaceous state (57.07%) and silages with buffel grass (52.00%) and massai grass (53.50%) in the hard farinaceous stage. Millet silages were classified as of excellent quality. Single millet silages should be applied in the soft farinaceous stage. When in consortium conditions, the indication is to use the buffel grass and massai grass at the soft farinaceous stage.

Keywords: (*Pennisetum ciliare* (L.)). *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. Ruminants.

4.1 Introdução

Diante da elevada variedade de espécies de plantas forrageiras que podem ser ensiladas, o milho e o sorgo apresentam preferência e tradição por parte dos produtores pela facilidade de cultivo e pela gama de informações disponíveis sobre manejo, semeadura, adubação, corte e colheita. No entanto, este cenário vem apresentando mudanças com o uso de espécies alternativas para a ensilagem, como é o caso do milheto (PINHO et al., 2013).

O milheto é uma planta C4, anual e de fácil manejo que apresenta grande adaptação em regiões onde o nível de fertilidade é baixo e o período de estiagem é quase sempre prolongado durante o ano. A sua adaptabilidade está na alta capacidade de tolerar déficit hídrico prolongado abaixo de 400 mm e na sua capacidade de extração de nutrientes, face ao seu sistema radicular profundo (SCALÉA, 1998).

Devido à tolerância ao déficit hídrico, o milheto apresenta potencial para ser produzido em regiões de clima semiárido, principalmente para a produção de forragem especialmente nos veranicos, podendo substituir até mesmo o milho e o sorgo quando inviáveis nessas condições. Outra possibilidade é o uso em sistemas consorciados como o Santa Fé, sistema que utiliza culturas produtoras de grãos em consórcio com gramíneas forrageiras (KLUTHCOUSKI et al., 2000)

Embora seja bastante utilizado como cultura para cobertura de solo, o milheto é uma planta versátil, sendo utilizada na alimentação tanto de aves, como suínos e ruminantes. várias cultivares de milheto podem ser utilizadas para produção de silagens e em sistemas de Integração-Lavoura-Pecuária.

De acordo com dados da Embrapa Milho e Sorgo (2008), uma das vantagens do milheto em relação ao milho e o sorgo, é o elevado valor protéico que chega em média a 15% de proteína bruta, apresenta boa palatabilidade e digestibilidade de até 78%, além da alta produção de biomassa, características que podem resultar em silagens de alta qualidade.

No entanto, para que as silagens de milheto sejam utilizadas na alimentação dos rebanhos principalmente em regiões mais áridas propícias ao seu cultivo, são necessárias mais informações quanto ao seu valor nutritivo, perfil de fermentação e sua composição química quando consorciadas com outras espécies de plantas.

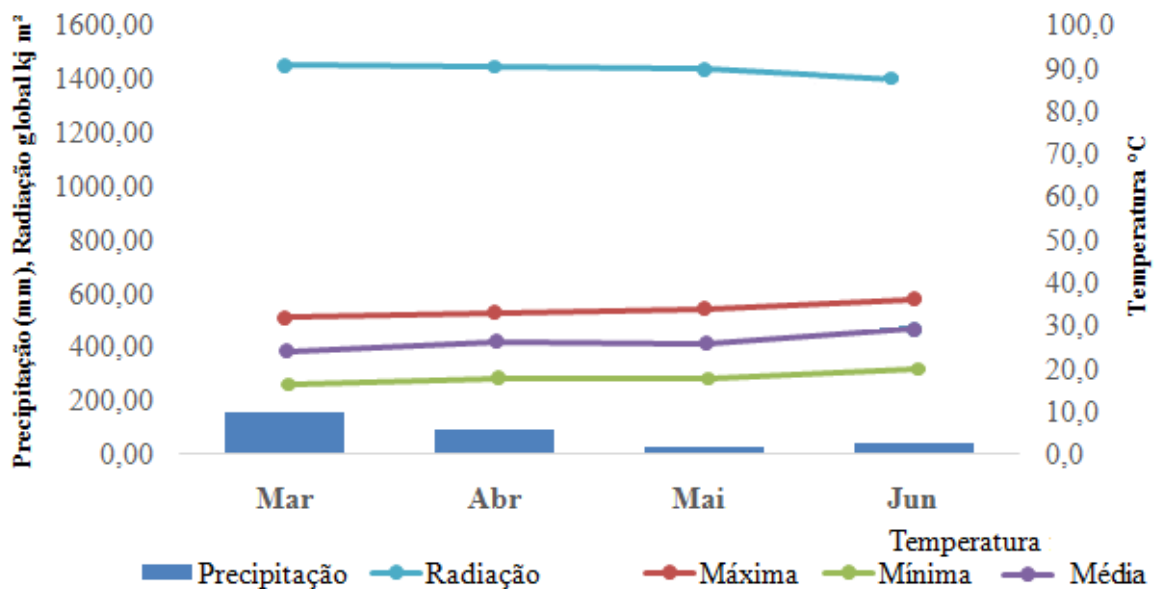
Diante desse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a composição físico-química, o perfil e perdas fermentativas das silagens de milheto em monocultivo e de milheto consorciado com gramíneas, em condições de sequeiro no semiárido brasileiro.

4.2 Material e métodos

A produção do material forrageiro a ser ensilado ocorreu no ano de 2015 em área da Fazenda Experimental Santa Rita, pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), situada a 3° 42' 59" de latitude Sul e 40° 23' 87" de longitude Oeste, altitude de 75m, localizada no município de Sobral, estado do Ceará, Brasil.

O clima da região, pela classificação de Köppen e Geiger (1928) é do tipo BSh, com estação chuvosa de janeiro a junho e período seco de julho a dezembro. Os dados relativos às condições climáticas durante o período de produção forrageira (março a junho) foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o município de Sobral-Ceará no ano de 2015, (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação solar do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE



Fonte: Dados da Rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015)

O solo da área foi identificado como Neossolo flúvico, segundo SANTOS et al. (2013). Realizou-se uma amostragem do solo no início da instalação do experimento, onde foram feitas amostras compostas (0 - 20 cm de profundidade), para determinar as características químicas do solo (Tabela 1).

As áreas receberam adubação de plantio padrão com nitrogênio, fósforo e potássio, conforme deficiências que foram identificadas na análise de solo. Após isso, o preparo do solo para o plantio consistiu de aração e gradagem.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Ca	Mg	Na	SB	pH	H+AL	Al ³⁺	CTC	M.O
.....mg dm ⁻³						H ₂ Ommol _c dm ⁻³			g dm ⁻³
2,0	2,0	99	10	1,0	81	5,9	112	193	1	6,1

P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; SB – soma de bases; pH – potencial hidrogeniônico; H+ AL – acidez potencial; Al³⁺ – alumínio; CTC – capacidade de troca de cátions; M.O. – matéria orgânica.

A cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) cv. BRS 1501 foi semeada no início do mês de março do ano de 2015, correspondendo ao período chuvoso. Foram utilizados 260 kg/ha de adubo químico nas proporções 10-10-10 (N-P-K), sendo as fontes de N-P-K: uréia, superfosfato simples (P₂O₅) e cloreto de potássio (K₂O), respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após o plantio, com 50 kg/ha de nitrogênio.

As parcelas para coleta de material forrageiro para a ensilagem possuíam 7 m de comprimento x 4 m de largura (28 m²), com distância entre linhas da cultura do milheto (monocultivo) de 0,90 m e a distância entre linhas para a cultura do milheto consorciada com as gramíneas de 0,45 m. As forrageiras capim-buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) cv. Áridus e capim-massai (*Megathyrsus maximum* x *M. infestum*) cv. Massai foram plantadas nas entrelinhas da cultura anual, sem utilização de adubos. Tanto para o monocultivo, quanto para os consórcios, foram utilizados três parcelas para coleta do material forrageiro.

O corte foi realizado a 5 cm de altura do solo com um cutelo, respeitando-se o estágio de maturação dos grãos da cultura, sendo de 54, 60 e 66 dias após o plantio, correspondendo aos estádios leitoso, farináceo mole e farináceo duro, respectivamente. Em seguida, foi realizada a pesagem do material forrageiro do milheto em monocultivo e do milheto consorciado com as gramíneas, para obtenção do peso da massa verde forrageira de cada um deles.

Após o corte, o material foi picado em picadeira estacionária em partículas entre 1 e 2 cm, homogeneizados manualmente e ensilados em silos confeccionados com tubos de “PVC” com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. No fundo de cada silo foi depositado 200 g de areia separados da forragem por uma camada de tecido de algodão, sendo possível medir a quantidade de efluentes retida.

A compactação foi feita com êmbulo de madeira e o fechamento com tampas de PVC dotadas de válvulas tipo “Bunsen” adaptadas em sua tampa para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. Os silos foram lacrados com fita crepe, tarados e pesados antes e

após seu fechamento. Foram preenchidos três silos experimentais de PVC com densidade correspondente a 600 kg m^{-3} .

Os dados de produção de matéria seca total do milho em monocultivo e consorciado com gramíneas, incluindo as proporções da cultura do milho e das gramíneas na ensilagem, estão apresentados na Tabela 2. Amostra representativa do material picado (original) foi retirada e congelada para caracterização bromatológica (Tabela 3).

Tabela 2. Produção de matéria seca total de milho cv. BRS 1501 em monocultivo e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, considerando épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e respectivas proporções de milho e gramíneas na ensilagem

<i>Milho solteiro</i>	PMSt (kg ha ⁻¹)	% Cultura anual	% Gramínea
Leitoso	4.106,79	100	-
Farináceo Mole	3.959,87	100	-
Farináceo Duro	5.270,33	100	-
<i>Milho+Buffel</i>			
Leitoso	7.272,00	100	-
Farináceo Mole	9.825,55	80	20
Farináceo Duro	7.392,63	92	8
<i>Milho+Massai</i>			
Leitoso	4.634,36	83	17
Farináceo Mole	7.188,90	58	42
Farináceo Duro	9.046,03	82	18

PMSt kg ha⁻¹= produção de matéria seca total

Tabela 3. Composição físico-química (%MS) do milho cv. BRS 1501 colhido em monocultivo e consorciado com o capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai em épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e dos capins buffel e massai colhidos em monocultivo, antes da ensilagem

<i>Milho</i>	<i>Nutrientes (%MS)</i>									
	^a MS	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	CEL	HCEL	LIG
Leitoso	26,20	83,31	9,54	8,95	1,26	63,00	37,42	33,20	25,71	5,35
Farináceo Mole	27,30	86,13	7,40	9,04	2,50	72,10	43,14	29,60	27,86	14,03
Farináceo Duro	29,70	82,70	10,01	8,50	2,40	71,08	40,91	22,70	30,74	18,54
<i>Milho+Buffel</i>										
Leitoso	20,85	83,40	9,70	10,02	2,20	74,15	47,22	38,10	29,05	8,72
Farináceo Mole	31,90	84,73	7,65	7,84	2,44	65,60	40,00	29,90	25,27	6,40
Farináceo Duro	27,70	81,00	11,71	14,61	2,60	61,25	38,90	31,40	23,50	6,72
<i>Milho+Massai</i>										
Leitoso	25,77	83,11	10,17	9,90	1,90	65,30	36,85	33,14	28,90	6,71
Farináceo Mole	30,08	84,14	8,15	11,01	2,08	69,63	39,60	31,30	30,10	8,04
Farináceo Duro	26,90	82,50	9,15	11,93	2,51	66,00	42,12	34,53	24,00	6,70

Gramíneas

Capim-buffel	26,30	82,23	9,53	9,95	2,01	67,76	43,90	36,21	24,15	7,80
Capim-massai	23,65	81,10	10,34	10,53	1,95	68,74	45,11	38,72	24,30	4,75

^aMS= matéria seca; MO= matéria orgânica; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE =extrato etéreo; FDN =fibra em detergente neutro; FDA =fibra em detergente ácido; CEL =celulose; HCEL =hemicelulose; LIG= lignina.

Transcorridos 90 dias, os silos foram abertos e pesados novamente. A porção central do silo foi homogeneizada e amostrada. Parte da amostra *in natura* foi utilizada para aferição do pH, utilizando-se um potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2, para a determinação do teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH₃ (% N total)] segundo metodologia de Bolsen et al. (1992) e para a determinação dos teores dos ácidos láctico, acético e butírico, segundo Ranjit e Kung Jr. (2000).

Outra parte da amostra *in natura* foi pesada em sacos de papel e levada para estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas para a determinação da matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo Willey em peneira com malha de 1,0 mm, colocadas em recipientes plásticos, identificadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

As análises físico-químicas, tanto do material original (antes da ensilagem) quanto do material pós-ensilagem, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Caprinos e Ovinos. Foram determinados os teores de matéria seca-MS (AOAC 934.01), cinzas (AOAC 942.05), proteína bruta-PB obtida pela determinação do N total, utilizando a técnica micro-Kjeldahl (AOAC 920.87) e extrato etéreo-EE (AOAC 920.85), segundo AOAC (1990).

A α -amilase termoestável foi usada no procedimento para determinação de fibra em detergente neutro (FDN) sem o uso de sulfito de sódio (VAN SOEST et al., 1991). A fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada de acordo com a AOAC (1990) (AOAC 973.18) e ambas as frações de fibra foram expressas incluindo cinzas residuais. As ligninas foram determinadas pela solubilização da celulose com ácido sulfúrico, como descrito por Robertson e Van Soest (1981). A digestibilidade *in vitro* da MS foi determinada como descrito por Tilley e Terry (1963).

O teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com Licitra et al. (1996). Foi ainda calculado o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) segundo a equação proposta pelo NRC (2001) em que: %NDT = %CNFd + %PBd + (%AGd x 2,25) + %FDNnd -7, em que: CNFd corresponde aos carboidratos não fibrosos digestíveis, PBd à proteína bruta digestível, AGd aos ácidos graxos digestíveis, FDNnd à fibra em detergente neutro corrigida para nitrogênio

digestível e o valor 7 refere-se ao NDT fecal metabólico. Os teores de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos mediante as equações de Sniffen et al. (1992):

- $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$
- $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{cp} + \%MM)$.

Também foram definidas notas de classificação da qualidade da silagem, segundo Tomich et al. (2003), considerando os valores médios de MS, pH, conteúdo de N-NH₃/NT e concentrações de ácidos acético e butírico. Para cada parâmetro, foram obtidas notas com variação de 0 a 50 pontos que, após somadas, estabeleceram as seguintes classificações: silagem de péssima qualidade (<30 pontos); silagem de qualidade ruim (entre 30-49 pontos); silagem de qualidade regular (entre 50-69 pontos); silagem de boa qualidade (entre 70-89 pontos) e silagem de excelente qualidade (90-100 pontos).

Em relação ao estudo sobre a eficiência do processo fermentativo, também foram avaliados os seguintes parâmetros: perdas por efluentes, recuperação da matéria seca e perdas por produção de gases, segundo Jobim et al. (2007), descritas a seguir:

- *Determinação da produção de efluentes*

Para a determinação da produção de efluentes, após retirar toda a silagem, a areia foi quantificada e de sua massa foi subtraído o peso original obtido antes do enchimento dos silos.

$$E = \{[(P_{vab} - T_b) - (P_{vfe} - T_b)] / MF_{fe}\} \times 1000$$

Onde:

E = produção de efluentes (kg/t MV de silagem);

P_{vfe} = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg);

P_{vab} = peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg);

T_b = tara do silo vazio (kg);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg)

- *Determinação das perdas por gases (%)*

As perdas por gases foram calculadas pela subtração do peso do silo cheio computado na abertura em relação àquele observado no fechamento com a presença de areia.

$$G = [((MF_{en} \times MS_{en}) - (MF_{ab} \times MS_{ab})) / (MF_{en} \times MS_{en})] \times 100$$

onde:

G = perdas por gases;

MF_{en} = massa de forragem na ensilagem (kg);

MS_{en} = teor de matéria seca da forragem na ensilagem (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

- *Determinação da taxa de recuperação da matéria seca (RMS)*

A recuperação da matéria seca foi obtida pelo quociente entre a quantidade de matéria seca recuperada dos silos (abertura) e a quantidade de matéria seca inicialmente acondicionada nos silos (fechamento), expressa em porcentagem.

$$RMS = [(MF_{ab} \times MS_{ab}) / (MF_{fe} \times MS_{fe})] \times 100$$

Onde:

RMS = Recuperação de matéria seca (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da silagem na abertura (%);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg);

MS_{fe} = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Considerando-se o preparo de três mini-silos de PVC para cada consórcio e estádios de maturação em que as colheitas foram realizadas, adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, sendo três tipos de consórcios: milho em monocultivo (testemunha), milho+capim-buffel e milho+capim-massai. Como medidas repetidas no tempo, os estádios de maturação dos grãos (milho leitoso, milho farináceo mole e milho farináceo duro) com três repetições, totalizando 27 unidades experimentais (mini-silos). Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, para verificar as prerrogativas básicas para análise de variância. As médias foram consideradas diferentes quando $P < 0,05$ comparadas com o uso do PDIFF pelo teste de Tukey.

Antes das análises de comparação de médias foi realizada a modelagem da matriz de covariância que melhor se ajustou para cada variável avaliada, a escolha da matriz foi definida pela estrutura que apresentou menor valor de AIC (*Akaike's Information Criterion*). As

análises foram realizadas por meio do procedimento MIXED do programa estatístico SAS® usando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + \beta_{ik} + E_j + (C \times E_{ij}) + \varepsilon_{ijk},$$

Onde Y_{ijk} é a variável dependente do experimento medida na unidade experimental “k” do tipo de consórcio “i” e o estágio fenológico do grão “j”; μ é a constante geral; C_i é o efeito consórcio “i”; β_{ik} é o efeito do erro aleatório da unidade experimental “k” no tratamento “i”; E_j é o efeito do estágio fenológico do grão “j”; $C \times E_{ij}$ é o efeito da interação entre o tipo de consórcio “i” e o estágio fenológico do grão “j”; e ε_{ijk} é o efeito do erro aleatório.

4.3 Resultados e discussão

Os dados referentes ao perfil fermentativo e à classificação das silagens de milho solteiro e consorciadas com gramíneas em diferentes estágios de maturação dos grãos estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Perfil fermentativo e classificação da qualidade de silagens de milho solteiro cv. BRS 1501 e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estágios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro)

Silagens	Estádios dos grãos			Média	*EPM	P-valor		
	Leitoso	F. mole	F. duro			Sil ¹	Est ²	Sil*Est ³
	pH							
Milheto	3,94aB	3,85bA	3,95aB	3,91				
Milheto+ buffel	3,85bC	3,84bA	3,90aB	3,86	0,01	<0,0001	<0,0001	0,0058
Milheto+massai	4,00aA	3,90bA	4,00aA	3,95				
Média	3,93	3,86	3,94					
	Perdas por gases (%MS)			Média				
Milheto	32,30aA	29,00aA	29,06aC	30,11				
Milheto+ buffel	23,11bB	25,74bA	39,00aA	29,28	1,22	0,0016	<0,0001	<0,0001
Milheto+massai	17,34cC	25,00bA	32,37aB	24,90				
Média	24,24	26,58	33,47					
	Efluentes (kg/t)			Média				
Milheto	14,20aA	11,70aA	9,12bB	11,67				
Milheto+ buffel	15,34aA	11,70aA	10,21bB	12,42	0,0055	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Milheto+massai	18,25aA	9,52bA	14,60aA	14,12				
Média	15,93	10,97	11,31					
	⁴ RMS (%MS)			Média				
Milheto	67,71aB	71,00aA	70,94aA	69,88				

Milheto+ buffel	76,90aA	74,26aA	61,01bB	70,71	1,22	0,0016	<0,0001	<0,0001
Milheto+massai	82,66aA	75,00bA	67,63cA	75,09				
Média	75,75	73,41	66,52					
Ácido láctico (%MS)				Média				
Milheto	6,02	7,38	6,91	6,77A				
Milheto+ buffel	6,94	4,72	5,64	5,77A	0,34	0,2131	0,3843	0,0704
Milheto+massai	4,47	5,93	8,63	6,34A				
Média	5,81A	5,01A	7,06A					
Ácido acético (%MS)				Média				
Milheto	1,93aB	1,84aA	1,90aB	1,88				
Milheto+ buffel	2,40aA	1,76cA	2,13bA	2,09	0,04	0,0477	<0,0001	0,0002
Milheto+massai	2,05bB	1,77cA	2,30aA	2,04				
Média	2,12	1,80	2,10					
Ácido butírico (%MS)				Média				
Milheto	0,03bA	0,07bA	0,11aA	0,07				
Milheto+ buffel	0,11aA	0,09aA	0,07aA	0,09	0,01	0,04797	0,1879	0,0002
Milheto+massai	0,07aA	0,07aA	0,07aA	0,07				
Média	0,07	0,07	0,08					
N-NH ₃ /NT				Média				
Milheto	9,68	22,91	16,16	16,25A				
Milheto+ buffel	7,84	7,73	12,32	9,30B	1,06	0,0003	0,0002	0,0840
Milheto+massai	4,90	7,62	9,87	7,46B				
Média	7,50B	12,75A	12,80A					
Qualidade da silagem				Média				
Milheto	90,00aA	65,00bB	66,66bB	73,90				
Milheto+ buffel	75,00bB	98,33aA	93,33aA	88,88	2,53	0,0448	0,5820	<0,0001
Milheto+massai	86,66aAB	86,66aA	83,33bA	85,55				
Média	83,88	83,33	81,11					

*EPM= erro padrão da média; ¹Sil= consórcios; ²Est= estádios de maturação dos grãos; ³Sil*Est= interação entre tipos de silagens e estádios de maturação dos grãos; ⁴RMS= recuperação da matéria seca; N-NH₃/NT= nitrogênio amoniacal como proporção do nitrogênio total; Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas (estádios x consórcios) e maiúsculas nas colunas (consórcios x estádios) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os valores de pH (Tabela 5) embora tenham indicado diferenças significativas entre os estádios e tipos de silagens, não ficaram fora do padrão recomendado na literatura (TOMICH et al., 2003). Segundo McDonald et al. (1991) silagens bem manejadas, normalmente vêm acompanhadas de valores de pH entre 3,8 e 4,2, valores que foram verificados neste estudo. No entanto, isoladamente o pH não pode ser considerado critério seguro para avaliação da fermentação, pois seu efeito inibidor sobre as bactérias depende da velocidade do declínio da concentração iônica e do teor de umidade do meio (WOOLFORD, 1984).

No que diz respeito às perdas por gases (Tabela 4), não foram verificadas diferenças significativas para as silagens de milho no estágio leitoso. As perdas por gases foram maiores no estágio farináceo duro para as silagens com capim-buffel e capim-massai.

Nesse caso, a maior produção de ácido acético e de ácido butírico nessas silagens podem ter favorecido as maiores perdas por gases. Já que, bactérias heterofermentativas, enterobactérias e bactérias do gênero *Clostridium* ssp durante a fermentação do conteúdo celular, produzem gases como o CO₂ gerando perda de energia e silagens de baixa qualidade (WOOLFORD, 1984).

Para os tipos de silagens (Tabela 4), perdas mais elevadas por gases foram observadas nas silagens de milho no estágio leitoso. Esse resultado pode estar relacionado com a maior produção de ácido acético verificado nestas silagens. Durante a produção deste ácido há a liberação de gases como CO₂ com diminuição dos teores de MS e energia. Para as silagens de milho com capim-buffel, perdas significativas foram verificadas no estágio farináceo duro (Tabela 4).

Tanto as perdas por efluentes quanto as perdas por gases são caracterizadas pelo desaparecimento de energia ou MS durante a ensilagem. Segundo McDonald et al. (1991) a respiração residual durante o enchimento do silo e imediatamente após sua vedação, o efluente produzido durante o processo de secagem no campo e no silo e as deteriorações aeróbias, presentes durante a estocagem e retirada da silagem, são as maiores fontes de perdas de energia. Estas podem variar de 7% para materiais bem conservados até valores da ordem de 40% de perdas por gases na MS.

Maiores perdas por efluentes ($P < 0,05$) foram observadas no estágio leitoso e farináceo mole, tanto para as silagens de milho, quanto para as silagens com capim-buffel (Tabela 4). Segundo Woolford (1984), existe correlação negativa entre o teor de MS da forragem e sua produção de efluentes. Fato verificado nesse estudo quando observados os teores de MS das silagens de milho+capim-buffel no estágio de grão leitoso (Tabela 5).

Foram observadas perdas superiores por efluentes (Tabela 4) nos estádios leitoso e farináceo duro das silagens de milho com capim-massai. A participação de apenas 20% da gramínea (Tabela 2) e os baixos teores de MS da cultura (Tabela 3) no momento da ensilagem, podem ter induzido a fermentações secundárias e consequente produção de efluentes.

Com relação aos tipos de silagens, menores perdas ($P < 0,05$) foram verificadas nas silagens de milho solteiro e milho consorciadas com capim-buffel no estágio farináceo

duro (Tabela 4). As menores perdas podem estar relacionadas com o maior teor de MS verificadas nestas silagens (Tabela 5) próximos aos recomendados por McDonald (1981).

As perdas por efluentes não depreciam apenas o valor nutritivo da massa ensilada durante o processo de conservação, haja vista que em sua constituição há compostos orgânicos, açúcares, ácidos orgânicos e proteínas, mas também são considerados como um dos maiores agentes poluidores da agricultura (McDONALD et al., 1991).

Destaca-se, contudo que o efluente produzido é claramente influenciado por outros fatores adicionais ao teor de MS da forragem, sendo que as espécies ou variedades usadas e o momento do corte também podem contribuir para a produção de efluentes (HAIGH, 1999).

Quanto aos valores referentes à RMS, observou-se que não houve diferenças significativas no estágio leitoso para as silagens de milho. Enquanto que menor RMS foi verificada no estágio farináceo duro nas silagens de milho com capim-buffel e capim-massai (Tabela 4). Com relação aos tipos de silagens, observou-se que a RMS foi proporcional às perdas por gases, ou seja, onde houve maior perda por produção de gases, houve menor recuperação de matéria seca e vice-versa (Tabela 4).

As perdas de MS estão relacionadas com o tipo de fermentação que ocorre dentro do silo e são maiores quando a fermentação é butírica, promovida por bactérias do gênero *Clostridium*, para esse tipo de fermentação tanto as perdas de MS como de energia são elevadas (McDONALD et al., 1991). É possível observar que os teores de ácido butírico foram proporcionais à RMS, onde menor recuperação de MS ocorreu onde houve maior produção de ácido butírico.

Não houve diferença para os teores de ácido láctico nas silagens de milho confeccionadas nos diferentes estágios de maturação dos grãos (Tabela 4). Esses valores são considerados adequados, uma vez que teores de ácido láctico variando de 4 a 7% na MS são citados como ideais para silagens bem fermentadas (KUNG e SHAVER, 2001).

Valores mais elevados ($P < 0,05$) de ácido acético foram observados no estágio leitoso nas silagens de milho com capim-buffel (Tabela 4). A ausência do capim-buffel no estágio leitoso para a confecção das silagens (Tabela 1) pode ter contribuído para a permanência dos baixos valores de MS (21%) e ter favorecido a presença de bactérias produtoras de ácido acético. Valores mais elevados de ácido acético ($P < 0,05$) foram verificados no estágio farináceo duro nas silagens de milho com capim-massai (Tabela 4).

Para os tipos de silagens (Tabela 4) teores superiores de ácido acético foram verificados nas silagens de milho com capim-buffel no estágio leitoso. Provavelmente os menores

teores de MS observados nas silagens citadas acima (Tabela 5) podem ter favorecido a maior produção de ácido acético.

Para os tipos de silagens, menores teores de ácido acético ($P < 0,05$) foram observados nas silagens de milho solteiro no estágio farináceo duro (Tabela 4). O maior teor de MS para as silagens de milho solteiro no estágio farináceo duro quando comparadas às silagens consorciadas (Tabela 5) podem ter sido responsáveis para inibir a atuação mais efetiva de bactérias indesejáveis e resultar em menor produção de ácido acético.

Segundo Tomich et al. (2003) teores de ácido acético até 2,5% na MS são considerados toleráveis para silagens bem fermentadas. Considerando essa informação, os valores encontrados para esse ácido em todas as silagens do presente estudo estão dentro do limite sugerido por esses autores.

Vale ressaltar que segundo McDonald et al. (1991) bactérias heterofermentativas produtoras de ácido acético não são de todo prejudiciais, pois tem um papel importante na preservação do material ensilado em relação a fungos e leveduras. Já que a produção desse ácido tem ação fungicida e permite a estabilização aeróbica das silagens após a abertura dos silos (MOON, 1983).

Para os teores de ácido butírico (Tabela 4) diferenças significativas foram verificadas apenas nas silagens no estágio leitoso e farináceo mole dos grãos na condição de cultura solteira. Segundo McDonald et al. (1991) quando o pH ou os teores de ácidos orgânicos são insuficientes para inibir a fermentação secundária do ácido láctico, surge o ácido butírico e, como consequência, a quebra das proteínas e deaminação por bactérias clostrídicas.

Segundo Wiering (1960) bactérias do gênero *Clostridium* são mais sensíveis à falta de umidade do que à acidez do meio, haja vista que esses microrganismos podem tolerar altas concentrações de ácidos e íons de hidrogênio quando em meio úmido, e que sua resistência é diretamente proporcional ao teor de umidade.

Portanto, ao considerar que a maioria das silagens apresentaram teores de MS próximos e acima de 28% (Tabela 5), essa condição pode ter minimizado a ação de bactérias produtoras de ácido butírico, quando verificadas as silagens que apresentaram teores deste ácido na faixa considerada padrão (0,1% MS) para silagens bem fermentadas (McDONALD, 1981).

Maiores teores de $N-NH_3/NT$ foram verificados nas silagens de milho solteiro nos estádios farináceos mole e duro (Tabela 4). Esse resultado pode estar relacionado com as maiores perdas por gases verificadas nesse tipo de silagem (Tabela 4), já que a presença de amônia em silagens indica proteólise por meio da ação direta tanto de enzimas da planta como

de bactérias indesejáveis que degradam aminoácidos até aminas e amônia, que atuam em materiais com baixo teor de MS abaixo de 28%, como pode ser observado na Tabela 5.

O conteúdo de nitrogênio presente sob a forma de amônia na forragem verde geralmente é menor que 1% do nitrogênio total (NT). Após o corte da forrageira, tem início uma extensa hidrólise de proteínas, com aumento do nitrogênio não-proteico para aproximadamente 40% do NT, nas primeiras 24 horas de ensilagem (VAN SOEST, 1994).

Este conteúdo pode atingir 70% na abertura do silo (OHSHIMA e McDONALD, 1978). Sendo a princípio a proteólise inicial mediada principalmente por enzimas da planta, enquanto que as degradações subsequentes de aminoácidos ocorrem pela ação de microrganismos (HERON et al., 1986).

A amônia formada nesse processo, além de inibir o consumo da silagem e apresentar mais baixa eficiência na utilização do nitrogênio para síntese protéica pelos microrganismos do rúmen altera o curso da fermentação, impedindo a rápida queda do pH da massa ensilada (McKERSIE, 1985).

Vale ressaltar que os teores de $N-NH_3/NT$ também são um indicativo da qualidade da silagem e auxilia na caracterização do perfil fermentativo ocorrido no processo. Quanto menor essa relação, menor a proteólise do material ensilado e de melhor qualidade será a silagem (McDONALD et al., 1991).

De acordo com Benacchio (1965), uma silagem é considerada como de muito boa qualidade quando possui concentração de $N-NH_3/NT$ em relação ao nitrogênio total menor que 10%. Se a concentração for de 10 a 15% é considerada adequada, de 15 a 20%, aceitável e superior a 20%, insatisfatória. Dessa maneira, as silagens do presente trabalho em relação aos teores de $N-NH_3/NT$ foram consideradas aceitáveis.

Maiores notas de classificação da qualidade das silagens foram observadas no estágio leitoso para as silagens de milho solteiro (Tabela 4). Esse resultado está associado aos menores valores de ácido butírico e $N-NH_3/NT$ observados nestas silagens.

Menores notas de qualidade do processo fermentativo (Tabela 4) foram verificadas nas silagens de milho no estágio leitoso com o capim-buffel. Nesse caso, o decréscimo da nota se deu em função dos valores mais baixos de MS (Tabela 5) associados aos valores de pH e aos teores mais elevados dos ácidos acético e butírico (Tabela 4) que pontuam negativamente. Maiores notas foram observadas nos estádios leitoso e farináceo mole nas silagens de milho+massai.

Em suma, com base nas notas apresentadas na Tabela 4, as silagens de milho foram classificadas de regulares (65 pontos) a excelentes (98,33 pontos) na qualidade do processo fermentativo com base nos parâmetros sugeridos por Tomich et al. (2003).

Os dados referentes à composição físico-química das silagens de milho solteiro e consorciadas com gramíneas em diferentes estádios de maturação dos grãos, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Composição físico-química (%MS) de silagens de milho solteiro cv. BRS 1501 e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro)

Silagens	Estádios dos grãos			Média	*EPM	P-valor		
	Leitoso	F. mole	F. duro			Sil ¹	Est ²	Sil*Est ³
	Matéria seca			Média				
Milho	26,81bA	27,84bB	29,46aA	28,03				
Milho+ buffel	21,50cB	31,00aA	27,30bB	26,60	0,52	0,0125	<0,0001	<0,0001
Milho+massai	26,11bA	29,32aB	26,31bB	27,25				
Média	24,80	29,40	27,70					
	Matéria orgânica			Média				
Milho	80,90bA	84,44aA	84,53aA	83,30				
Milho+ buffel	82,20aA	83,71aA	84,26aA	83,40	0,36	0,0045	0,0557	0,0246
Milho+massai	82,12aA	81,46aB	80,37aB	81,32				
Média	81,73	83,20	83,05					
	Matéria mineral			Média				
Milho	9,17aA	8,83aB	7,81bB	8,60				
Milho+ buffel	9,71aA	7,04bC	7,55bB	8,10	0,21	<0,0001	<0,0001	0,0035
Milho+massai	9,55aA	9,70aA	9,55aA	9,69				
Média	9,50	8,52	8,31					
	Proteína bruta			Média				
Milho	8,40cB	10,70aA	9,93bA	9,80				
Milho+ buffel	11,00aA	10,50aA	9,23bB	10,30	0,18	0,1974	0,1780	0,0004
Milho+massai	10,02aA	9,70bB	10,62aA	9,92				
Média	9,67	10,23	10,10					
	Extrato etéreo			Média				
Milho	3,20	3,23	2,84	3,09A				
Milho+ buffel	2,63	2,56	3,07	2,75B	0,08	0,0309	0,9661	0,3902
Milho+massai	2,57	2,51	2,53	2,54B				
Média	2,80A	2,76A	2,81A					
	Fibra em detergente neutro			Média				
Milho	60,20aA	45,75bB	50,20bA	52,03				
Milho+ buffel	51,70aB	46,31aB	48,24aA	48,75	1,02	0,0585	0,0002	0,0143
Milho+massai	55,33aAB	54,00aA	47,50bA	52,27				

Média	55,74	48,70	48,63					
	Fibra em detergente ácido			Média				
Milheto	39,20	30,42	30,55	36,40A				
Milheto+ buffel	33,91	29,66	31,20	32,00B	0,70	0,0002	0,0002	0,1473
Milheto+massai	35,27	33,15	30,17	32,86B				
Média	36,12A	31,10B	30,63B					
	Celulose			Média				
Milheto	29,76	21,75	19,90	23,80A				
Milheto+ buffel	25,80	25,09	24,90	25,26A	0,78	0,0660	0,0130	0,1349
Milheto+massai	27,70	29,17	25,75	27,53A				
Média	27,74A	25,34AB	23,51B					
	Hemicelulose			Média				
Milheto	22,70	19,26	19,41	20,42A				
Milheto+ buffel	18,83	17,07	16,77	17,56A	0,62	0,4116	0,0602	0,6200
Milheto+massai	20,70	21,00	18,08	19,92A				
Média	27,74A	25,34AB	23,51B					
	Lignina			Média				
Milheto	6,92	4,30	5,91	5,71A				
Milheto+ buffel	5,80	4,46	6,24	5,50A	0,28	0,0017	0,0001	0,0798
Milheto+massai	4,63	3,07	3,03	3,60B				
Média	5,77A	3,95B	3,06B					
	⁴ NIDN			Média				
Milheto	7,54aA	4,52bA	4,05bB	5,40				
Milheto+ buffel	3,70bB	4,16bA	6,90aA	4,91	0,42	0,2776	0,0410	0,0055
Milheto+massai	7,00aA	3,70bA	2,30bC	4,31				
Média	6,05	4,13	4,41					
	NIDA			Média				
Milheto	1,73aA	1,43bA	1,26bB	1,47				
Milheto+ buffel	1,43bA	1,20bA	1,55aA	1,40	0,49	0,7475	0,0041	0,0240
Milheto+massai	1,60aA	1,34bA	1,20bB	1,37				
Média	1,60	1,32	1,33					
	CT			Média				
Milheto	71,31	77,22	79,40	77,00A				
Milheto+ buffel	76,67	77,45	80,14	78,10A	0,54	0,5464	0,1816	0,1816
Milheto+massai	77,85	78,13	77,27	77,75A				
Média	76,30A	77,60A	79,00A					
	CNF			Média				
Milheto	18,97	33,84	31,00	30,09AB				
Milheto+ buffel	28,50	34,24	34,64	32,46A	0,88	0,0050	0,0020	0,2187
Milheto+massai	25,54	27,16	33,90	28,90B				
Média	26,50B	31,75A	33,20A					
	DIVMS			Média				
Milheto	46,40bB	56,07aA	46,63bB	49,70				

Milheto+ buffel	41,82cC	47,65bC	52,00aA	47,14	0,85	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Milheto+massai	49,57bA	51,10abB	53,50aA	51,40				
Média	45,92	51,60	50,70					

*EPM= erro padrão da média;¹sil= tipos de silagens; ²est= estádios de maturação dos grãos; ³sil*est= interação entre tipos de silagens e estádios de maturação dos grãos; ⁴NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; CT= carboidratos totais; CNF= carboidratos não fibrosos; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas (estádios x silagens) e maiúsculas nas colunas (silagens x estádios) diferem entre si pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Os teores de MS foram mais elevados no estágio farináceo duro dos grãos em relação aos estádios farináceo mole e leitoso nas silagens de milho solteiro (Tabela 5). Esse resultado de fato, era esperado haja visto que no estágio do grão farináceo duro a planta perde mais água e ocorre maior acúmulo de matéria seca com rápida taxa de aumento de peso seco no grão (DURÃES et al., 2016).

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000) após o florescimento da planta, com a mudança da relação fonte-dreno para a espiga, o crescimento do colmo cessa e, a partir deste estágio, as frações da planta, principalmente os grãos, acumulam MS, como resultado da translocação dos fotoassimilados nas folhas e no colmo.

Verificou-se superioridade nos teores de MS no estágio farináceo mole nas silagens de milho com buffel e massai. Esse resultado pode estar relacionado ao maior teor de MS no momento da ensilagem do milho no estágio farináceo mole (Tabela 3) em relação aos demais estádios. Com relação aos tipos de silagens, os teores mais elevados de MS foram observados nas silagens de milho solteiro e milho com capim-massai em relação às silagens de milho com capim-buffel no estágio leitoso (Tabela 5).

Durante a colheita, para a ensilagem do milho no estágio leitoso dos grãos, não houve participação de capim-buffel para compor as silagens consorciadas (Tabela 2). Isso pode justificar os menores teores de MS nestas silagens. Teores mais elevados de MS foram observados nas silagens de milho com capim-buffel no estágio farináceo mole e nas silagens de milho solteiro no estágio farináceo duro (Tabela 5).

Ferreira (2001) afirmou que o teor de MS da planta para ensilagem está relacionado às condições de fermentação do material e aos níveis de perdas no sistema, dessa maneira é usado para determinar o ponto adequado para ensilagem da forrageira. Para McCullough (1977) o ponto ideal para a ensilagem em que há a combinação entre ótima preservação do material e maximização do valor nutritivo, é quando o teor de MS da forrageira situa-se na faixa de 28 a 35%. Os teores de MS entre 28-35% foram observados apenas nas silagens com

capim-buffel e massai no estágio farináceo mole e nas silagens de milho solteiro no estágio farináceo duro (Tabela 5).

Os teores de MM (Tabela 5) foram superiores no estágio leitoso e farináceo mole. Valores significativamente superiores foram observados nas silagens no estágio leitoso com capim-buffel. Para tipos de silagens, as com capim-massai apresentaram teores superiores de MM nos estádios farináceos mole e duro (Tabela 5).

De acordo com Ashbell (1995) menores teores de MM em silagens são indicativos de melhor conservação da forragem, pois, segundo o autor, quando ocorre fermentação inadequada, sucedem perdas de material orgânico, aumentando a participação relativa da MM na matéria seca. De maneira geral, o fato do corte das culturas e gramíneas ter sido muito próximo do solo, também deve contribuído para os valores elevados de MM encontrados neste trabalho.

Com relação aos teores de PB, estes foram mais elevados no estágio farináceo mole das silagens de milho solteiro e menores no estágio farináceo duro nas silagens com capim-buffel (Tabela 5). Devido o corte em estágio mais tardio e o cultivo do milho em condições de sequeiro, onde houve reduzida precipitação observada durante todo o período experimental (Figura 1), temperaturas elevadas, é possível que a senescência das folhas e sua redução podem ter provocado queda no teor de PB e conteúdo celular.

Valores superiores de PB foram verificados nos estádios leitoso e farináceo duro para as silagens de milho com capim-massai (Tabela 5). A maior participação do capim-massai nesses estádios em relação ao capim-buffel (Tabela 2) pode ter favorecido o aumento dos teores de PB verificados nessas silagens, haja vista os valores elevados de PB (10,53%) observados para esta gramínea (Tabela 3).

Para os tipos de silagens, os teores de PB das silagens de milho consorciadas (Tabela 5), foram mais elevados do que as silagens de milho solteiro. Os teores elevados de PB das gramíneas buffel e massai entre 9 e 10% (Tabela 3) parece ter contribuído para elevar esse nutriente nas silagens consorciadas em relação às silagens de milho solteiro no estágio leitoso dos grãos.

Entre os tipos de silagens, destaca-se o aumento dos teores de PB quando utilizada a consorciação no estágio leitoso. Já para as silagens de milho com capim-buffel em estágio farináceo mole, os teores de PB apresentaram redução acentuada provavelmente em decorrência das maiores perdas por efluentes nessas silagens (Tabela 4).

Em suma, os valores de PB observados para todas as silagens de milho estão dentro do mínimo recomendado de 7% por Van Soest (1994) para atendimento dos requerimentos

dos microrganismos ruminais. Esse resultado é positivo, tendo em vista que a produção das silagens ocorreu em região semiárida com escassez hídrica e que os nutrientes proteína e energia são limitantes. Nesse sentido, sob condições de sequeiro é possível obter silagem de qualidade.

Para os teores de FDN e FDA (Tabela 5) verificou-se elevação no estágio leitoso em relação aos estádios farináceos mole e duro. Os menores teores de MS no momento da ensilagem (Tabela 3) associados às maiores perdas por gases e efluentes (Tabela 4) nesse estágio podem ter contribuído para esse resultado. Vale ressaltar que no estágio leitoso dos grãos não há maior teor de parede celular, os resultados elevados de FDN justificam-se por efeito de concentração, devido às perdas de água presente no conteúdo celular decorrente da maior produção de efluentes (Tabela 4) verificada nesse estágio (McCULLOUGH, 1977).

De acordo com McDonald et al. (1991), os microrganismos indesejáveis, principalmente os do gênero *Clostridium* atuam em materiais ensilados com baixos teores de MS. Durante a fermentação realizada por essas bactérias há produção de efluentes e lixiviação dos carboidratos solúveis e proteínas, com consequente aumento da parede celular e elevação dos componentes fibrosos.

Considerando-se os tipos de silagens (Tabela 5) verificou-se teores mais elevados nas silagens de milho solteiro em relação às silagens de milho+capim-buffel, ambas semelhantes às silagens com capim-massai no estágio leitoso. Maiores teores de FDN foram observados nas silagens de milho com capim-massai no estágio farináceo mole. Ao que tudo indica, é provável que a participação de 42% do capim-massai (Tabela 2) no momento do ensilamento em face de 58% de milho (Tabela 2) e o estágio mais avançado do grão tenha provocado efeito de diluição em função do elevado teor de FDN da gramínea.

Segundo Ferreira (2001) a participação de grãos na planta também influencia os teores de FDN e FDA, que se estabilizam ou podem decrescer à medida que a planta evolui do estágio de grão leitoso para o estágio de maturação fisiológica.

Maiores teores de lignina foram verificadas nas silagens de milho solteiro e com capim-buffel nos estádios leitoso e farináceo duro (Tabela 5). Provavelmente as condições de sequeiro e altas temperaturas, tenham induzido a planta ao estresse hídrico, tendo em vista a baixa precipitação ocorrida nos meses de maio e junho próximos à colheita (Figura 1), podem ter contribuído para a maior lignificação da parede celular da cultura e consequente aumento nos teores desta variável. O capim-buffel também pode ter favorecido a elevação nos teores de lignina, tendo em vista que o capim-massai apresenta maior relação folha colmo que o capim-buffel.

Com relação aos valores de NIDN e NIDA (Tabela 5), observou-se teores superiores no estágio leitoso. Segundo Balsalobre et al. (2003), a parede celular vegetal além de ser composta pelos componentes fibrosos, FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina, contém nitrogênio que pode ficar ligado à fibra. Os teores de nitrogênio ligados aos compostos da parede celular tendem a aumentar com a idade fisiológica da planta, principalmente, aquela fração ligada à FDA.

Além das condições de cultivo e dos fatores climáticos, é possível que o efeito de concentração dos teores de FDN e FDA ocasionado pelas perdas por gases e efluentes (Tabela 4) onde há produção de calor e aumento de temperatura, possa ter contribuído para o aumento dos teores de NIDA e NIDN.

Para os tipos de silagens, menores teores de NIDN ($P < 0,05$) foram verificados nas silagens de milho com capim-massai no estágio farináceo duro. Para NIDA, observou-se diferenças significativas apenas, para as silagens de milho solteiro e consorciadas com capim-massai no estágio farináceo duro (Tabela 5). Segundo Roth e Undersander (1995) em silagens bem conservadas o teor de NIDA (% do N total) deve ser inferior a 12% MS, valores muito inferiores ao citado foram verificados em todas as silagens neste trabalho.

Desta forma é possível a indicação de silagens com menores teores de NIDN e NIDA, com ênfase para aquelas com a cultura solteira e as consorciadas com capim-massai, ambas, no estágio farináceo duro (Tabela 5). Os teores de CNF foram mais elevados nas silagens de milho consorciadas com capim-buffel e massai nos estádios farináceos mole e duro (Tabela 5). A maior participação dos grãos de milho em relação às gramíneas no momento da confecção das silagens consorciadas (Tabela 3) pode ter favorecido os maiores teores de CNF.

A DIVMS foi mais elevada no estágio farináceo mole das silagens de milho solteiro (Tabela 5). Os teores mais elevados de PB e os menores teores de FDA e lignina observados nas silagens confeccionadas nesse estágio podem ter contribuído para a maior digestibilidade dessas silagens. Maior DIVMS foi verificada no estágio farináceo duro dos grãos nas silagens de milho com capim-buffel e massai (Tabela 5).

A maior participação de milho (92%) nas silagens com capim-buffel e 82% nas silagens com capim-massai no estágio farináceo duro (Tabela 2) e as menores perdas por efluentes (Tabela 4) observado nestas silagens pode ter contribuído para esse resultado, tendo em vista que a presença dos grãos, ricos em amido pode ter elevado a digestibilidade nestas silagens.

Com relação aos valores de DIVMS, é possível inferir que as condições de sequeiro, baixa precipitação (Figura 1) e aumento da senescência das plantas, pode ter favorecido os

baixos valores de DIVMS. Segundo Paciullo et al. (1999), com a perda do conteúdo celular e aumento da espessura da parede celular há a redução da digestibilidade das silagens.

4.4 Conclusão

As silagens de milho solteiro devem ser confeccionadas no estágio farináceo mole. Quando em condição consorciada, a indicação é utilizar o capim-buffel e capim-massai a partir do estágio farináceo mole.

5 CAPÍTULO IV: COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SILAGENS DE GIRASSOL EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS CONSORCIADAS COM GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a composição físico-química, o perfil e perdas fermentativas das silagens de girassol em monocultivo e consorciadas com gramíneas, em condições de sequeiro no semiárido brasileiro. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Três tipos de silagens foram produzidas: silagem de girassol oriundo de monocultivo (silagem de girassol), silagem de girassol oriundo do consórcio com o capim-buffel (silagem de girassol+capim-buffel) e silagem de girassol oriundo do consórcio com o capim-massai (silagem de girassol+capim-massai), em três momentos de colheita definidos pelos estádios de maturação dos grãos (leitoso, farináceo mole e farináceo duro), com três repetições (mini-silos de PVC), totalizando 27 unidades experimentais. Valores mais elevados de ácido láctico foram observados nas silagens no estágio leitoso (4,70%) e farináceo mole (5,75%) dos grãos. Os teores de ácido acético foram superiores nas silagens de girassol+capim-buffel no estágio leitoso (5,40%) e nas silagens de girassol solteiro no estágio farináceo mole (4,02%). Menores valores de ácido butírico foram observados nas silagens de girassol com capim-massai no estágio farináceo duro (0,20%). O nitrogênio amoniacal foi menor nas silagens de girassol+capim-massai no estágio farináceo duro (4,70%). Teores mais elevados de matéria seca ocorreram nas silagens de girassol solteiro (22,02%) e nos consórcios com buffel (20,74%) e massai (20,93%) no estágio farináceo duro. Teores elevados de proteína bruta foram verificados nas silagens de girassol+capim-massai no estágio leitoso (15,95%). Para fibra em detergente ácido, valores mais altos foram averiguados nas silagens de girassol+capim-buffel no estágio leitoso (42,10%). As silagens de girassol na condição solteira devem ser confeccionadas no estágio farináceo duro, em condição consorciada, a indicação é no estágio farináceo duro com o capim-massai.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos. Fermentação. *Helianthus annuus* L. Mini-silos. Valor nutricional.

ABSTRACT

The sunflower is a plant that adapts to semiarid regions and is used in animal feed in the form of silage. Thus, it is important to understand its nutritional composition. The aim of this work was to evaluate the physio-chemical composition, profile and fermentative losses of sunflower silages in monoculture and intercropped with grasses under dry conditions in the Brazilian semiarid region. A completely randomized design with repeated measurements was adopted. Three types of silages were produced: sunflower silage from monoculture (sunflower silage), sunflower silage in a consortium with buffel grass (sunflower silage + buffel grass) and sunflower silage in a consortium with massai grass (sunflower silage + massai grass), at three harvesting times defined by the maturation stages of the grains (milky, soft farinaceous and hard farinaceous), with three replicates (mini-silos made of PVC), totaling 27 experimental units. Lower pH values were observed in single sunflower silages (4.00) and with massai grass, both in the milky stage (4.00). Lower gas losses were observed in single-milled sunflower silages (23.50%) and hard farinaceous grain maturation (36.62%) and in the silage with massai grass in the soft farinaceous grain maturation stage (26.43%). Higher lactic acid values were observed in the silages at the milky stage (4.70%) and soft farinaceous grain maturation (5.75%). Acetic acid levels were higher in sunflower + buffel grass silages at the milky grain maturation stage (5.40%) and single sunflower silages at the soft farinaceous grain maturation stage (4.02%). Lower butyric acid values were observed in sunflower silages with massai grass in the hard farinaceous grain maturation stage (0.20%). Ammoniacal nitrogen was lower in the sunflower + massai grass silage in the hard farinaceous grain maturation (4.70%). Higher dry matter levels were observed in the single sunflower silages (22.02%) and in the buffel (20.74%) and massai (20.93%) grass consortia in the hard farinaceous grain maturation stage. High crude protein levels were observed in the sunflower + massai grass silage at the milky grain maturation stage (15.95%). Concerning acid detergent fiber, higher values were verified in the sunflower and buffel grass silages at the milky grain maturation stage (42.10%). The single sunflower silages should be applied in the hard farinaceous grain maturation stage. When in a consortium condition, the indication is of application in the hard farinaceous grain maturation stage with massai grass.

Keywords: Fermentation. *Helianthus annuus* L. Mini-silos. Nutritional value. Organic acids.

5.1 Introdução

A estacionalidade da produção e oferta de forragem durante o ano em regiões semiáridas é um dos grandes entraves para a pecuária. Durante o período seco em que há baixa oferta de alimentos, os métodos de conservação, entre eles, a ensilagem é uma alternativa estratégica bastante utilizada pelos produtores e que pode contribuir para manter os índices produtivos dos rebanhos (NEUMANN et al., 2009).

A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) tem sido apontada como uma alternativa forrageira devido aos seus diversos usos e modalidades de cultivo, podendo ser utilizada em monocultivo ou em consórcios, tanto como silagem ou forragem fresca. Além disso, apresenta grande importância pelo alto valor nutricional como alimento funcional tanto para humanos, quanto ruminantes, suínos e aves (TOMICH et al., 2004).

O cultivo do girassol para produção de silagem apresenta diversas vantagens como elevada produção de matéria seca produzida por unidade de área, suas raízes são pivotantes, explorando camadas mais profundas de solo, apresenta baixa incidência de pragas e doenças, além de resultar em silagens com elevado teor de protéicos e energéticos que podem complementar a dieta dos animais (MELLO et al., 2004).

No entanto, o girassol apresenta teor de matéria seca muito baixo (15-24%) mesmo na época do corte propícia para a ensilagem, sendo uma das principais limitações da cultura, podendo resultar em silagens mal fermentadas com baixo teor de ácido lático, elevado pH e excesso de perdas por efluentes (EVANGELISTA e LIMA, 2001). Nesse caso a adição de gramíneas para aumento do teor de matéria seca pode ser uma medida para solucionar essa limitação da cultura na ensilagem.

Nesse sentido, o uso do girassol em sistemas consorciados além de gerar lucros com a produção diversificada de forrageiras na mesma área, sua oferta como alimento na forma de silagem pode contribuir para a elevação dos índices produtivos dos animais. Dessa maneira o consórcio poderia auxiliar na melhoria da eficiência do processo fermentativo. Para isto são necessários estudos que avaliem a qualidade das silagens de girassol oriundas de sistemas consorciados o que justifica a realização deste trabalho.

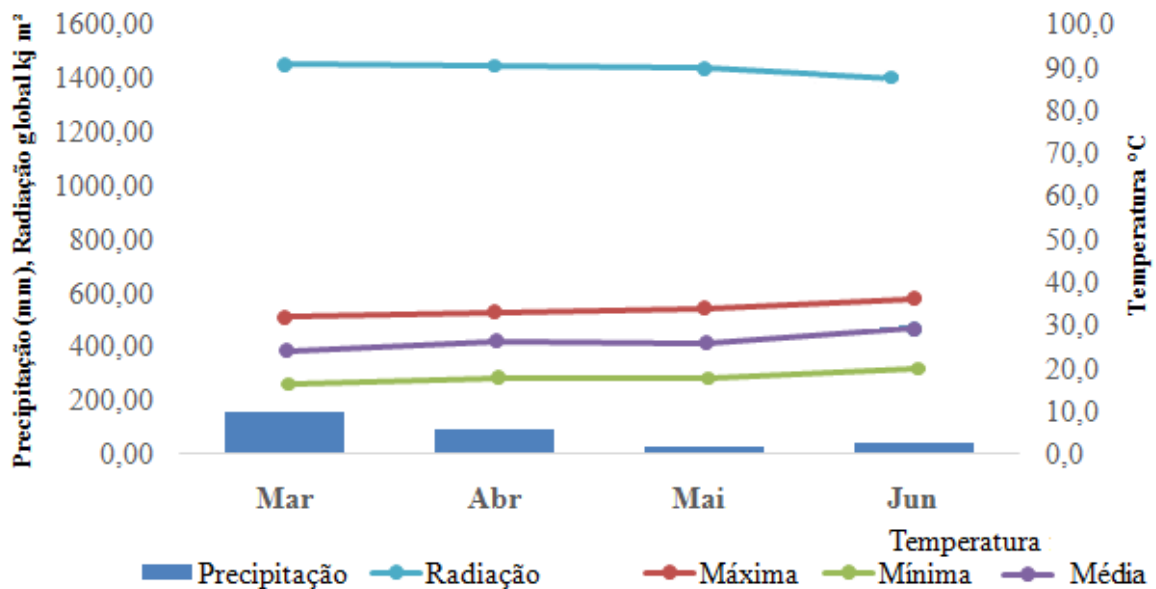
Objetivou-se, portanto, avaliar a composição físico-química, o perfil e perdas fermentativas das silagens de girassol em monocultivo e de girassol consorciado com gramíneas, em condições de sequeiro no semiárido brasileiro.

5.2 Material e métodos

A produção do material forrageiro a ser ensilado ocorreu no ano de 2015 em área da Fazenda Experimental Santa Rita, pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), situada a 3° 42' 59" de latitude Sul e 40° 23' 87" de longitude Oeste, altitude de 75m, localizada no município de Sobral, estado do Ceará, Brasil.

O clima da região, pela classificação de Köppen e Geiger (1928) é do tipo BSh, com estação chuvosa de janeiro a junho e período seco de julho a dezembro. Os dados relativos às condições climáticas durante o período de produção forrageira (março a junho) foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o município de Sobral-Ceará no ano de 2015, (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação solar do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE



Fonte: Dados da Rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015)

O solo da área foi identificado como Neossolo flúvico, segundo SANTOS et al. (2013). Realizou-se uma amostragem do solo no início da instalação do experimento, onde foram feitas amostras compostas (0 - 20 cm de profundidade), para determinar as características químicas do solo (Tabela 1).

As áreas receberam adubação de plantio padrão com nitrogênio, fósforo e potássio, conforme deficiências que foram identificadas na análise de solo. Após isso, o preparo do solo para o plantio consistiu de aração e gradagem.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Ca	Mg	Na	SB	pH	H+AL	Al³⁺	CTC	M.O
.....mg dm ⁻³						H ₂ Ommol _c dm ⁻³		g dm ⁻³	
2,0	2,0	99	10	1,0	81	5,9	112	193	1	6,1

P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; SB – soma de bases; pH – potencial hidrogeniônico; H+ AL – acidez potencial; Al³⁺ – alumínio; CTC – capacidade de troca de cátions; M.O. – matéria orgânica.

A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) cv. BRS 122 foi semeada no início do mês de março do ano de 2015, correspondendo ao período chuvoso. Foram utilizados 220 kg/ha⁻¹ de adubo químico nas proporções 4-14-8 (N-P-K), sendo as fontes de N-P-K: uréia, superfosfato simples (P₂O₅) e cloreto de potássio (K₂O), respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após o plantio, com 50 kg/ha de nitrogênio.

As parcelas para coleta de material forrageiro para a ensilagem possuíam 7 m de comprimento x 4 m de largura (28 m²), com distância entre linhas da cultura do girassol (monocultivo) de 0,90 m e a distância entre linhas para a cultura do girassol consorciada com as gramíneas de 0,45 m. As forrageiras capim-buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) cv. Áridus e capim-massai (*Megathyrsus maximum* x *M. infestum*) cv. Massai foram plantadas nas entrelinhas da cultura anual, sem utilização de adubos. Tanto para o monocultivo, quanto para os consórcios, foram utilizados três parcelas para coleta do material forrageiro.

O corte foi realizado a 5 cm de altura do solo com um cutelo, respeitando-se o estágio de maturação dos grãos da cultura, sendo de 62, 66 e 69 dias após o plantio, correspondendo aos estádios leitoso, farináceo mole e farináceo duro, respectivamente. Em seguida, foi realizada a pesagem do material forrageiro das parcelas de girassol em monocultivo e nas parcelas de girassol consorciado com as gramíneas, para obtenção do peso da biomassa fresca de cada um deles.

Os dados de produção de matéria seca total do girassol em monocultivo e consorciado com gramíneas, incluindo as proporções da cultura do girassol e das gramíneas na ensilagem, estão apresentados na Tabela 2. Amostra representativa do material picado (original) foi retirada e congelada para caracterização bromatológica (Tabela 3).

Após o corte, o material foi picado em picadeira estacionária em partículas entre 1 e 2 cm, homogeneizados manualmente e ensilados em silos confeccionados com tubos de “PVC” com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento.

Tabela 2. Produção de matéria seca total de girassol cv. BRS 122 em monocultivo e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou com capim-massai cv. Massai considerando épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de girassol (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e respectivas proporções de girassol e gramíneas na ensilagem

<i>Girassol solteiro</i>	PMSt (kg ha ⁻¹)	% Cultura anual	% Gramínea
Leitoso	1.769,14	100	-
Farináceo Mole	1.175,32	100	-
Farináceo Duro	4.122,26	100	-
<i>Girassol+Buffel</i>			
Leitoso	2.235,86	80	20
Farináceo Mole	3.887,06	70	30
Farináceo Duro	5.556,96	81	19
<i>Girassol+Massai</i>			
Leitoso	2.001,29	88	12
Farináceo Mole	3.210,73	54	46
Farináceo Duro	7.185,11	58	42

PMSt kg ha⁻¹ = produção de matéria seca total

Tabela 3. Composição físico-química (%MS) de girassol cv. BRS 122 colhido em monocultivo e consorciado com o capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai em épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de girassol (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e dos capins buffel e massai colhidos em monocultivo, antes da ensilagem

<i>Girassol</i>	<i>Nutrientes (%MS)</i>									
	^a MS	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	CEL	HCEL	LIG
Leitoso	13,36	80,93	11,30	13,06	2,84	40,76	31,40	24,40	9,15	6,60
Farináceo Mole	17,77	58,70	10,76	12,00	4,53	48,80	38,50	37,30	10,30	3,55
Farináceo Duro	25,31	75,32	10,17	15,60	14,08	36,84	27,62	20,86	8,80	6,65
<i>Girassol+Buffel</i>										
Leitoso	17,61	75,11	11,77	14,35	3,21	49,71	35,83	27,47	13,83	8,00
Farináceo Mole	19,70	76,21	11,30	15,40	6,44	46,91	33,75	24,96	13,32	8,53
Farináceo Duro	22,76	82,33	11,05	13,30	13,45	42,73	29,41	23,28	13,00	5,82
<i>Girassol+Massai</i>										
Leitoso	16,05	79,25	12,73	14,94	4,61	43,74	30,25	21,50	12,93	8,40
Farináceo Mole	22,50	84,20	11,20	10,55	1,72	69,60	44,50	37,25	23,09	6,40
Farináceo Duro	22,86	85,07	10,51	10,45	6,20	51,34	33,73	28,16	18,10	5,25
<i>Gramíneas</i>										
Capim-buffel	26,30	82,23	9,53	9,95	2,01	67,76	43,90	36,21	24,15	7,80
Capim-massai	23,65	81,10	10,34	10,53	1,95	68,74	45,11	38,72	24,30	4,75

^aMS= matéria seca; MO= matéria orgânica; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE =extrato etéreo; FDN =fibra em detergente neutro; FDA =fibra em detergente ácido; CEL =celulose; HCEL =hemicelulose; LIG= lignina

No fundo de cada silo foi depositado 200 g de areia separados da forragem por uma camada de tecido de algodão, sendo possível medir a quantidade de efluentes retida. A compactação foi feita com êmbulo de madeira e o fechamento com tampas de PVC dotadas de válvulas tipo “Bunsen” adaptadas em sua tampa para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. Os silos foram lacrados com fita crepe, tarados e pesados antes e após seu fechamento. Foram preenchidos três silos experimentais de PVC com densidade correspondente a 600 kg m^{-3} .

Transcorridos 90 dias, os silos foram abertos e pesados novamente. A porção central do silo foi homogeneizada e amostrada. Parte da amostra *in natura* foi utilizada para aferição do pH, utilizando-se um potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2, para a determinação do teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total [N-NH₃ (% N total)] segundo metodologia de Bolsen et al. (1992) e para a determinação dos teores dos ácidos láctico, acético e butírico, segundo Ranjit e Kung Jr. (2000).

Outra parte da amostra *in natura* foi pesada em sacos de papel e levada para estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas para a determinação da matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo Willey em peneira com malha de 1,0 mm, colocadas em recipientes plásticos, identificadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

As análises físico-químicas, tanto do material original (antes da ensilagem) quanto do material pós-ensilagem, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Caprinos e Ovinos. Foram determinados os teores de matéria seca-MS (AOAC 934.01), cinzas (AOAC 942.05), proteína bruta-PB obtida pela determinação do N total, utilizando a técnica micro-Kjeldahl (AOAC 920.87) e extrato etéreo-EE (AOAC 920.85), segundo AOAC (1990).

A α -amilase termoestável foi usada no procedimento para determinação de fibra em detergente neutro (FDN) sem o uso de sulfito de sódio (VAN SOEST et al., 1991). A fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada de acordo com a AOAC (1990) (AOAC 973.18) e ambas as frações de fibra foram expressas incluindo cinzas residuais.

As ligninas foram determinadas pela solubilização da celulose com ácido sulfúrico, como descrito por Robertson e Van Soest (1981). A digestibilidade *in vitro* da MS foi determinada como descrito por Tilley e Terry (1963). O teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram

determinados de acordo com Licitra et al. (1996). Foi ainda calculado o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) segundo a equação proposta pelo NRC (2001) em que: $\% \text{NDT} = \% \text{CNFd} + \% \text{PBd} + (\% \text{AGd} \times 2,25) + \% \text{FDNnd} - 7$, em que: CNFd corresponde aos carboidratos não fibrosos digestíveis, PBd à proteína bruta digestível, AGd aos ácidos graxos digestíveis, FDNnd à fibra em detergente neutro corrigida para nitrogênio digestível e o valor 7 refere-se ao NDT fecal metabólico,

Os teores de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos mediante as equações de Sniffen et al. (1992):

- $\text{CT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$
- $\text{CNF} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{FDN}_{\text{cp}} + \% \text{MM})$.

Também foram definidas notas de classificação da qualidade da silagem, segundo Tomich et al. (2003), considerando os valores médios de MS, pH, conteúdo de N-NH₃/NT e concentrações de ácidos acético e butírico. Para cada parâmetro, foram obtidas notas com variação de 0 a 50 pontos que, após somadas, estabeleceram as seguintes classificações: silagem de péssima qualidade (<30 pontos); silagem de qualidade ruim (entre 30-49 pontos); silagem de qualidade regular (entre 50-69 pontos); silagem de boa qualidade (entre 70-89 pontos) e silagem de excelente qualidade (90-100 pontos).

Em relação ao estudo sobre a eficiência do processo fermentativo, também foram avaliados os seguintes parâmetros: perdas por efluentes, recuperação da matéria seca e perdas por produção de gases, segundo Jobim et al. (2007), descritas a seguir:

- *Determinação da produção de efluentes*

Para a determinação da produção de efluentes, após retirar toda a silagem, a areia foi quantificada e de sua massa foi subtraído o peso original obtido antes do enchimento dos silos.

$$E = \{[(P_{\text{vab}} - T_{\text{b}}) - (P_{\text{vfe}} - T_{\text{b}})] / \text{MFfe}\} \times 1000$$

Onde:

E = produção de efluentes (kg/t MV de silagem);

P_{vfe} = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg);

P_{vab} = peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg);

T_b = tara do silo vazio (kg);

MFfe = massa de forragem no fechamento (kg)

- *Determinação das perdas por gases (%)*

As perdas por gases foram calculadas pela subtração do peso do silo cheio computado na abertura em relação àquele observado no fechamento com a presença de areia.

$$G = [((MF_{en} \times MS_{en}) - (MF_{ab} \times MS_{ab})) / (MF_{en} \times MS_{en})] \times 100$$

onde:

G = perdas por gases;

MF_{en} = massa de forragem na ensilagem (kg);

MS_{en} = teor de matéria seca da forragem na ensilagem (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

- *Determinação da taxa de recuperação da matéria seca (RMS)*

A recuperação da matéria seca foi obtida pelo quociente entre a quantidade de matéria seca recuperada dos silos (abertura) e a quantidade de matéria seca inicialmente acondicionada nos silos (fechamento), expressa em porcentagem.

$$RMS = [(MF_{ab} \times MS_{ab}) / (MF_{fe} \times MS_{fe})] \times 100$$

Onde:

RMS = Recuperação de matéria seca (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da silagem na abertura (%);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg);

MS_{fe} = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Considerando-se o preparo de três mini-silos de PVC para cada consórcio e estádios de maturação em que as colheitas foram realizadas, adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, sendo três tipos de consórcios: girassol em monocultivo (testemunha), girassol+capim-buffel e girassol+capim-massai. Como medidas repetidas no tempo, os estádios de maturação dos grãos (girassol leitoso, girassol farináceo mole e girassol farináceo duro) com três repetições, totalizando 27 unidades experimentais (mini-silos).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, para verificar as prerrogativas básicas para análise de variância. As médias foram consideradas diferentes quando $P < 0,05$ comparadas com o uso do PDIFF pelo teste de Tukey. Antes das análises de comparação de médias foi realizada a modelagem da matriz de covariância que melhor se ajustou para cada variável avaliada, a escolha da matriz foi definida pela estrutura que apresentou menor valor de AIC (*Akaike's Information Criterion*). As análises foram realizadas por meio do procedimento MIXED do programa estatístico SAS®, usando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + \beta_{ik} + E_j + (C \times E_{ij}) + \varepsilon_{ijk},$$

Onde Y_{ijk} é a variável dependente do experimento medida na unidade experimental "k" do tipo de consórcio "i" e o estágio fenológico do grão "j"; μ é a constante geral; C_i é o efeito consórcio "i"; β_{ik} é o efeito do erro aleatório da unidade experimental "k" no tratamento "i"; E_j é o efeito do estágio fenológico do grão "j"; $C \times E_{ij}$ é o efeito da interação entre o tipo de consórcio "i" e o estágio fenológico do grão "j"; e ε_{ijk} é o efeito do erro aleatório.

5.3 Resultados e discussão

Os dados referentes ao perfil de fermentação e notas de classificação da qualidade das silagens de girassol solteiro e consorciadas com gramíneas em diferentes estádios de maturação dos grãos estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Perfil fermentativo e notas de classificação da qualidade de silagens de girassol solteiro cv. BRS122 e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de girassol (leitoso, farináceo mole e farináceo duro)

Silagens	Estádios dos grãos			Média	*EPM	P-valor		
	Leitoso	F. mole	F. duro			Sil ¹	Est ²	Sil*Est ³
	pH							
Girassol	4,00bB	4,00bA	4,85aA	4,27				
Girassol+ buffel	5,02aA	4,00bA	5,10aA	4,70	0,09	<0,0001	<0,0001	0,0007
Girassol+massai	4,00bB	4,00bA	4,42aB	4,14				
Média	4,33	4,00	4,80					
	Perdas por gases (%MS)			Média				
Girassol	23,50cB	44,00aA	36,62bB	34,70				
Girassol+ buffel	40,60bA	38,15bA	55,05aA	44,60	1,84	<0,0001	0,0007	<0,0001
Girassol+massai	34,10aA	26,43bB	33,10aB	31,21				

Média	32,72	36,20	41,60					
	Perdas por efluentes (kg/t)			Média				
Girassol	16,02	19,82	5,45	13,76A				
Girassol+ buffel	17,08	12,72	4,74	11,51A	1,10	0,1672	<0,001	0,1297
Girassol+massai	12,72	14,22	6,20	11,04A				
Média	15,30A	15,60A	5,46B					
	Recuperação da matéria seca			Média				
Girassol	76,50aA	56,04cB	63,40bA	65,30				
Girassol+ buffel	59,42aB	61,84aB	44,94bB	55,40	1,84	<0,0001	0,0007	<0,0001
Girassol+massai	65,90bB	73,60aA	66,90bA	68,80				
Média	67,27	63,81	58,40					
	Ácido lático (%MS)			Média				
Girassol	3,28	6,29	2,84	4,14A				
Girassol+ buffel	1,80	6,85	3,61	4,10A	0,72	0,6309	<0,001	0,4344
Girassol+massai	8,94	4,15	4,70	5,93A				
Média	4,70A	5,76A	3,71B					
	Ácido acético (%MS)			Média				
Girassol	4,33aB	4,02aA	2,30bA	3,54				
Girassol+ buffel	5,40aA	3,03bB	2,50cA	3,64	0,20	<0,0001	<0,0001	0,0001
Girassol+massai	3,90aB	2,40bB	2,33bA	2,90				
Média	4,54	3,15	2,37					
	Ácido butírico (%MS)			Média				
Girassol	0,10bB	0,05cA	0,47aA	0,20				
Girassol+ buffel	0,63aA	0,07bA	0,60aA	0,43	0,04	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Girassol+massai	0,36aB	0,03cA	0,20bB	0,20				
Média	0,36	0,05	0,42					
	⁴ N-NH ₃ /NT			Média				
Girassol	5,12bB	5,05bA	9,20aB	6,45				
Girassol+ buffel	12,14aA	7,00bA	13,54aA	10,90	0,70	0,0014	0,0007	0,0080
Girassol+massai	6,91aB	4,50aA	4,70aC	5,40				
Média	8,06	5,51	9,14					
	Qualidade da silagem			Média				
Girassol	53,33bB	93,33aA	33,33cAB	60,00				
Girassol+ buffel	8,33cC	73,33aB	20,00bB	33,90	6,32	<0,0001	<0,0001	0,0009
Girassol+massai	93,33aA	93,33aA	48,33bA	78,33				
Média	51,70	86,70	33,90					

*EPM= erro padrão da média; ¹Sil= consórcios; ²Est= estádios de maturação dos grãos; ³Sil*Est= interação entre tipos de silagens e estádios de maturação dos grãos; ⁴N-NH₃/NT= nitrogênio amoniacal como proporção do nitrogênio total; Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas (estádios x consórcios) e maiúsculas nas colunas (consórcios x estádios) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Valores elevados de pH são comumente verificados nas silagens de girassol ocasionados pelos baixos teores de MS, elevado poder tampão da cultura e altos teores de PB que dificultam o abaixamento do mesmo (TOMICH et al., 2004).

Dada essa condição, valores mais elevados de pH (Tabela 4) foram verificados no estágio farináceo duro nas silagens de girassol e consorciadas com capim-massai. Enquanto que nos estádios leitoso e farináceo mole, maiores valores de pH foram observados nas silagens de girassol com capim-buffel.

Para os tipos de silagens (Tabela 4) o pH foi elevado nas silagens de girassol+capim-buffel no estágio leitoso. Sem diferenças entre as silagens oriundas dos consórcios no estágio farináceo mole. Maiores valores médios foram verificados para as silagens de girassol e consorciadas com capim-buffel no estágio farináceo duro (Tabela 4).

Segundo Lavezzo e Andrade (1994) um pH estável não é obtido nas silagens de girassol, devido à deficiência de carboidratos solúveis ou devido à excessiva umidade do material. No presente estudo, provavelmente o estágio avançado do capim-buffel e o excesso de umidade nas plantas de girassol no momento da colheita, os altos teores de PB, EE e a capacidade tampão da planta, podem ser prováveis fatores que podem ter contribuído para os elevados valores de pH nestas silagens.

Historicamente, valores de pH superiores a 4,2 eram associados a silagens pobres (McDONALD et al., 1991). Entretanto, Jobim et al. (2007) afirmaram que o pH só faz inferências à qualidade da fermentação, pois não é indicado para materiais que apresentam valores elevados de MS e conseqüentemente maior pH.

Para Mello et al. (2006) um fator inerente ao girassol que permite teores mais elevados de pH são referentes aos baixos teores de carboidratos solúveis e alto tamponamento atribuído em parte ao maior teor protéico e às bases inorgânicas. Neste caso, os autores citados orientam como mais adequado avaliar a concentração dos ácidos orgânicos, conforme podem ser visualizados e discutidos posteriormente (Tabela 4).

As maiores perdas por gases ($P < 0,05$) foram verificadas no estágio farináceo mole das silagens de girassol solteiro (Tabela 4). Esse resultado pode estar relacionado com os teores mais baixos de MS (Tabela 6) para o mesmo estágio na cultura solteira, e à baixa produção de biomassa da cultura ($1.175,32 \text{ kg ha}^{-1}$) verificada a campo (Tabela 2) o que pode ter favorecido menor compactação, induzindo fermentações secundárias, que além da produção de ácidos mais fracos, há também a produção de gases como CO_2 com elevadas perdas de energia e MS (McDONALD et al., 1991).

Nas silagens no estágio farináceo duro (Tabela 4), perdas mais elevadas foram verificadas naquelas com girassol+capim-buffel. Enquanto que menores perdas por gases foram observadas no estágio farináceo mole nas silagens de girassol+capim-massai. Esse resultado pode estar relacionado com altos teores de MS (Tabela 5), menores teores de ácido

acético e de ácido butírico (Tabela 4), indicando que pode ter havido baixa degradação do material ensilado, com baixa produção de gases e perda de energia.

Para os tipos de silagens (Tabela 4) perdas mais elevadas por gases foram observadas nas silagens de girassol com capim-buffel e massai no estágio leitoso. Para as silagens de girassol solteiro e com capim-buffel, maiores perdas foram verificadas no estágio farináceo mole dos grãos. As silagens de girassol+capim-buffel apresentaram maiores perdas no estágio farináceo duro.

Com base nos baixos teores de MS das silagens de girassol tanto em condição solteira e consorciadas (Tabela 5) e à baixa participação das gramíneas nos consórcios, principalmente de capim-buffel (Tabela 2) é provável que a maior produção de gases principalmente nas silagens de girassol+buffel no estágio leitoso e farináceo duro se deu pela elevada umidade no momento do corte (Tabela 3), o que pode ter promovido fermentações por enterobactérias produtoras de ácido acético e bactérias do gênero *Clostridium* ssp., produtoras de ácido butírico, que em elevadas concentrações reduzem a qualidade da silagem, o que pode ser comprovado pelas menores notas de qualidade da fermentação (Tabela 4).

De acordo com McDonald et al. (1991) há aumento significativo nas perdas por gases quando há produção de álcool (etanol ou manitol) por meio da fermentação realizada por bactérias heterofermentativas, enterobactérias, leveduras e bactérias do gênero *Clostridium* ssp.

Menores perdas por efluentes ($P < 0,05$) foram verificadas nas silagens oriundas dos grãos no estágio farináceo duro (Tabela 4). Os teores de MS mais elevados (Tabela 5) nessas silagens podem justificar as menores perdas. Para os tipos de silagens (Tabela 4) não foram verificadas diferenças significativas. Mesmo com a adição das gramíneas buffel e massai, os teores de MS ficaram abaixo dos teores recomendados (Tabela 5) para fermentação adequada (McDONAL et al., 1991) fato que pode justificar a excessiva produção de efluentes.

Silagens que apresentam excesso de efluentes podem propiciar o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, produtoras de ácido butírico, podendo provocar degradação de proteínas, elevar o conteúdo de $N-NH_3/NT$ e diminuir o conteúdo de ácido lático, fato esse que pode ser observado neste trabalho. Em adição, parte significativa dos nutrientes da planta podem ser eliminados junto com o efluente, diminuindo a qualidade do material (AMARAL et al., 2008; SILVA et al., 2014).

Outros fatores que também podem estar relacionados com a maior ou menor produção de efluentes, foram relatados por Siqueira et al. (2010) ao afirmarem que a picagem do

material em partículas muito pequenas, o tipo de silo e a má compactação podem ocasionar a maior produção de efluentes.

Os valores de RMS (Tabela 4) foram mais elevados no estágio leitoso nas silagens de girassol solteiro. Esse resultado pode estar relacionado com as menores perdas por gases observadas anteriormente para o mesmo estágio. Com relação às silagens no estágio farináceo duro, observou-se que menor RMS para as silagens de girassol+capim-buffel, o que apresenta relação direta com as maiores perdas por gases nesse mesmo estágio (Tabela 4).

Maior RMS foi observada para as silagens de girassol no estágio farináceo mole com capim-massai (Tabela 4). Para os tipos de silagens (Tabela 4), maior recuperação foi verificada para as silagens de girassol solteiro no estágio leitoso e nas silagens de girassol+capim-massai no estágio farináceo mole. Esse resultado está de acordo e relacionado com as menores perdas por gases observadas para as mesmas silagens.

Segundo Paziani (2006) as perdas por gases estão associadas ao perfil de fermentação ocorrido na silagem, sendo que as menores perdas são ocasionadas pelas bactérias homofermentativas que utilizam glicose como substrato para a síntese de lactato e não há gasto de energia e nem produção e gases, enquanto que maiores produções de gases estão associadas com as bactérias heterofermentativas que utilizam outra via de fermentação com gasto de MS, energia e produção de gases.

Não houve diferenças significativas para os teores de ácido láctico entre as silagens de girassol solteiro e com as gramíneas buffel e massai (Tabela 4). Os valores de ácido láctico encontrados neste trabalho estão abaixo dos verificados por Souza et al. (2005) que ao avaliarem a composição bromatológica das silagens de quatro genótipos de girassol ensilados em cinco diferentes idades de corte encontraram valores para que variaram de 31,5% até 6,2% para diferentes idades de corte.

Porém, ficaram bem próximos aos relatados por Possenti et al. (2005), os autores avaliando parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de girassol, detectaram valores de ácido láctico de 3,72%. Vale ressaltar que o ácido acético (Tabela 4) esteve elevado, fato que pode ter favorecido a baixa produção de ácido láctico devido à competição por substratos por parte das bactérias heterofermentativas, enterobactérias e clostrídicas.

Outro fator que pode ter contribuído para os menores teores de ácido láctico é a elevada capacidade tampão que a planta apresenta. Segundo McDonald et al. (1991), plantas que apresentam alta capacidade tampão apresentam teores baixos de ácido láctico devido a neutralização que esse ácido pode sofrer por ocorrência da formação de íons amônio. É

provável que a elevada produção de ácido acético e ácido butírico (Tabela 4) dificultaram a produção de ácido láctico, também contribuindo para maiores valores finais de pH também.

Em relação às silagens confeccionadas nos diferentes estádios (Tabela 5), menores teores de ácido láctico foram observados no estádio farináceo duro dos grãos. Esse resultado não era esperado haja vista a maior produção de efluentes, ácido acético e butírico terem ocorrido nos estádios leitoso e farináceo mole.

Supõem-se que o aumento percentual do ácido acético (Tabela 4) tenha reduzido os teores de ácido láctico, haja vista a produção do ácido acético ser em decorrência da conversão do ácido láctico. O fato do grão está mais maduro e haver mais substrato para as bactérias ácido lácticas pode também ter favorecido a ocorrência de fermentações heterolática e diminuição dos teores de ácido láctico (DRIEHUIS et al., 1999).

Ressalta-se que a presença do ácido acético não é de todo prejudicial, visto que esse ácido apresenta características fungistáticas e pode auxiliar na estabilidade aeróbica das silagens de girassol (SANTOS et al., 2016), permitindo que estas fiquem por mais tempo expostas na abertura do silo e no fornecimento para os animais e em locais em que as instalações fiquem mais distantes do silo. Porém, excesso de ácido acético em silagens reduz o consumo dos animais (VAN SOEST, 1994), desta forma, embora estas silagens sejam estáveis aerobicamente, não são viáveis nutricionalmente.

Para os teores de ácido acético (Tabela 4), as silagens no estádio leitoso e farináceo mole apresentaram teores mais elevados quando foram confeccionadas apenas com o girassol solteiro. As silagens de girassol no estádio leitoso apresentaram teores mais elevados de ácido acético com as gramíneas buffel e massai.

Percebeu-se que as silagens que apresentaram menores teores de MS (Tabela 5) e maiores perdas por gases (Tabela 4), foram as mesmas que apresentaram teores elevados de ácido acético. Estas variáveis estão correlacionadas com o tipo de fermentação que ocorre quando materiais com elevada umidade são ensilados (PAZIANI, 2006).

Logo, ocorre a proliferação de microrganismos indesejáveis, que utilizam a rota fermentativa heterolática que além da produção de ácido acético, etanol, produzem CO₂, utilizando glicose como substrato, diminuindo a energia e a MS do material ensilado (McDONALD et al., 1981).

Para os tipos de silagens (Tabela 4), valores superiores de ácido acético foram observados nas silagens com capim-buffel no estádio leitoso e nas silagens de girassol no estádio farináceo mole. Os teores de ácido acético verificados nas silagens de girassol estão acima do recomendado ($\leq 2,5\%$ MS) segundo Tomich et al. (2003) para silagens bem

conservadas. Isso ficou evidente, principalmente nas silagens confeccionadas nos estádios leitoso e farináceo mole dos grãos. Esse resultado refletiu diretamente nas maiores perdas por gases, menor RMS e baixas notas de classificação (Tabela 4).

Para os teores de ácido butírico (Tabela 4), teores elevados foram detectados nas silagens no estágio farináceo duro em relação àquelas oriundas dos estádios leitoso e farináceo mole nas silagens de girassol. Embora o estágio do grão tenha sido o mais avançado, esse fato não foi suficiente para impedir a provável fermentação por bactérias do gênero *clostridium*, haja vista os reduzidos teores de MS (Tabela 5).

Menores teores de ácido butírico (Tabela 4) foram verificados no estágio farináceo mole das silagens de girassol com capim-buffel. Teores elevados de ácido butírico foram detectados no estágio leitoso nas silagens de girassol+capim-massai. O ácido butírico tem sido apontado como limitante na qualidade das silagens por se tratar de um componente que reflete a extensão da atividade clostridiana. Este ácido está relacionado aos aspectos negativos do processo fermentativo, responsáveis pela redução da aceitabilidade e do consumo da silagem (TOMICICH et al., 2004).

As concentrações de ácido butírico próximas de zero indicam a correta e eficiente fermentação da silagem, fato que não ocorreu neste trabalho, haja vista terem sido verificados baixos teores de MS (Tabela 5), elevadas perdas por gases, altos teores de ácido acético e elevadas perdas por efluentes (Tabela 4).

Quando considera-se os tipos de silagens (Tabela 4), valores mais elevados de ácido butírico foram observados nas silagens de girassol+capim-buffel no estágio leitoso. Menores valores foram verificados nas silagens com capim-massai no estágio farináceo duro.

Os altos teores de ácido butírico verificados neste trabalho ratificam a presença de fermentações indesejáveis, visto se tratar de um dos produtos da fermentação clostrídica. Além do baixo poder de dissociação deste ácido, sua produção incrementa as perdas de MS, pois para cada molécula sintetizada, duas moléculas de carbono são liberadas (McDONALD et al., 1981), o que poderia explicar as maiores perdas por gases nas silagens de girassol constatado na Tabela 4.

Com relação aos teores médios de N-NH₃/NT (Tabela 4), foram verificados teores superiores no estágio farináceo duro dos grãos, nas silagens de girassol solteiro. Maiores teores de N-NH₃/NT foram observados no estágio farináceo mole nas silagens de girassol solteiro e com capim-massai. Nas silagens com capim-massai houve maior participação (56%) da planta de girassol (Tabela 2) resultando em material com elevada umidade (Tabela 5) devido à natureza do tecido da planta de girassol, além da alta capacidade de poder tampão.

Nesta condição, é provável que a fermentação tenha sido prejudicada quando verificados os maiores teores médios de entre 12 e 13,54% de N-NH₃/NT (Tabela 4).

De acordo com o AFRC (1987) conteúdos maiores que 15% de nitrogênio amoniacal é indicativo de proteólise extensa durante o processo fermentativo. Para os tipos de silagens (Tabela 4) teores mais elevados de N-NH₃/NT foram verificados nas silagens de girassol com capim-buffel no estágio leitoso e farináceo duro dos grãos, respectivamente.

O conteúdo de nitrogênio amoniacal presente nas silagens reflete a atividade de enzimas da planta e dos microrganismos indesejáveis sobre a fração protéica da forragem. Valores máximos de nitrogênio amoniacal em torno de 10% são considerados apropriados às silagens bem conservadas (McDONALD et al., 1991).

Tendo em vista o aspecto positivo da silagem de girassol, que é o alto conteúdo de proteína bruta quando comparadas às silagens de milho e de sorgo, conservar a qualidade dessa proteína na estocagem do silo é primordial para obtenção de benefícios dessa característica (TOMICICH et al., 2004).

Com relação às notas de classificação da qualidade da silagem (Tabela 4), maior nota foi verificada no estágio farináceo mole nas silagens de girassol solteiro e girassol com capim-buffel. Essas notas estão diretamente relacionadas com os menores valores de ácido acético, ácido butírico, N-NH₃/NT e valores de pH para as mesmas silagens. Essas variáveis quando em baixos teores pontuam positivamente na classificação das silagens.

Menor nota de classificação das silagens foi observada no estágio farináceo duro para as silagens de girassol+capim-massai. Para os tipos de silagens, notas superiores foram observadas nas silagens de girassol+capim-massai no estágio leitoso. Nas silagens de girassol com capim-buffel, menor nota foi observada no estágio farináceo mole (Tabela 4). Nota mais alta foi verificada nas silagens de girassol com capim-massai em relação às silagens de girassol+capim-buffel, ambas semelhantes às silagens de girassol solteiro no estágio farináceo duro.

Os dados referentes à composição físico-química das silagens de girassol solteiro e consorciadas com gramíneas em diferentes estádios de maturação dos grãos, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Composição físico-química (%MS) de silagens de girassol solteiro cv. BRS 122 e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de girassol (leitoso, farináceo mole e farináceo duro)

Estádios dos grãos

Silagens	Leitoso	F. mole	F. duro	Média	*EPM	P-valor		
						Sil ¹	Est ²	Sil*Est ³
Matéria seca				Média				
Girassol	13,70bB	14,52bC	22,02aA	16,74				
Girassol+ buffel	15,04bA	18,92aB	20,74aA	18,23	0,66	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Girassol+massai	15,60bA	22,41aA	20,93aA	19,64				
Média	14,77	18,62	21,23					
Matéria orgânica				Média				
Girassol	80,10aA	81,45aA	82,14aA	81,23				
Girassol+ buffel	78,54aA	75,35bB	79,27aB	77,72	0,48	<0,0001	0,0054	0,0046
Girassol+massai	78,60bA	82,46aA	82,74aA	81,26				
Média	79,07	79,75	81,40					
Matéria mineral				Média				
Girassol	13,34	11,70	9,68	12,00A				
Girassol+ buffel	11,40	11,15	10,65	11,06A	0,31	0,0011	0,1164	0,1193
Girassol+massai	12,26	9,14	9,37	10,25B				
Média	12,33A	10,65A	9,90A					
Proteína bruta				Média				
Girassol	12,86aB	13,24aA	12,44aA	12,85				
Girassol+ buffel	12,56aB	13,14aA	11,81aA	12,50	0,38	0,0579	<0,0001	<0,0001
Girassol+massai	15,95aA	10,40bB	9,02bB	11,78				
Média	13,80	12,25	11,09					
Extrato etéreo				Média				
Girassol	5,70bA	6,07bA	11,30aB	7,69				
Girassol+ buffel	3,90cB	6,00bA	13,74aA	7,87	0,75	<0,0001	<0,0001	0,0004
Girassol+massai	3,74bB	1,42cB	6,2aC	3,79				
Média	4,43	4,49	10,41					
Fibra em detergente neutro				Média				
Girassol	45,10aB	43,15aB	42,06aB	43,44				
Girassol+ buffel	56,01aA	46,02bB	48,62bB	50,22	1,84	<0,0001	0,0005	<0,0001
Girassol+massai	43,04bB	66,47aA	65,74aA	58,41				
Média	48,05	51,88	52,14					
Fibra em detergente ácido				Média				
Girassol	34,80aB	33,64aB	32,93aB	33,79				
Girassol+ buffel	42,10aA	36,51bB	36,32bB	38,31	1,04	<0,0001	0,0853	<0,0001
Girassol+massai	33,55bB	46,15aA	45,94aA	41,88				
Média	36,81	38,77	38,40					
Celulose				Média				
Girassol	25,86aB	24,71aB	25,74aB	25,43				
Girassol+ buffel	32,55aA	23,70bB	26,80bB	27,67	1,04	<0,0001	0,1100	<0,0001
Girassol+massai	25,32bB	38,42aA	36,26aA	33,36				
Média	33,79	38,31	41,88					
Hemicelulose				Média				
Girassol	10,00aB	9,52aB	8,21aC	9,24				

Girassol+ buffel	13,80aA	9,57bB	12,30aB	11,90	0,93	<0,0001	0,0083	<0,0001
Girassol+massai	9,03bB	20,80aA	20,00aA	16,60				
Média	10,94	13,30	13,50					
		Lignina		Média				
Girassol	7,33bB	8,83aA	7,30bB	7,82				
Girassol+ buffel	8,70aA	9,00aA	9,45aA	9,03	0,23	0,1412	0,1882	0,0269
Girassol+massai	7,71bB	7,07bB	9,37aA	8,05				
Média	7,91	8,30	8,70					
		⁴ NIDN		Média				
Girassol	3,17	5,71	4,85	4,60B				
Girassol+ buffel	5,40	7,20	5,62	6,07A	0,34	0,0015	0,1208	0,2050
Girassol+massai	3,64	5,60	7,20	5,50AB				
Média	4,07A	6,17A	5,90A					
		NIDA		Média				
Girassol	2,05aA	1,91aA	1,41bB	1,80				
Girassol+ buffel	2,06aA	1,40bB	1,92aB	1,80	0,12	<0,0001	0,0189	<0,0001
Girassol+massai	1,73cA	2,33bA	3,60aA	2,55				
Média	1,95	1,90	2,30					
		CT		Média				
Girassol	68,11aA	69,01aB	66,60aB	67,90				
Girassol+ buffel	72,15aA	66,10bB	63,80cB	67,34	1,04	0,0002	0,1383	0,0004
Girassol+massai	68,05bA	79,05aA	76,75aA	74,62				
Média	69,43	71,40	69,04					
		CNF		Média				
Girassol	28,42	48,08	30,37	35,62A				
Girassol+ buffel	20,25	28,06	19,04	22,45B	2,60	0,0166	0,2465	0,2331
Girassol+massai	29,92	16,80	14,83	20,51B				
Média	26,20AB	31,00A	21,41A					
		NDT		Média				
Girassol	63,50bA	67,20bA	76,90aA	70,20				
Girassol+ buffel	57,85bA	69,21aA	73,20aA	66,75	1,71	0,0017	0,0486	0,0163
Girassol+massai	63,15aA	54,60aB	55,90aB	57,88				
Média	61,50	63,67	69,67					
		DIVMS		Média				
Girassol	46,00	49,01	50,60	48,53B				
Girassol+ buffel	45,03	45,97	47,60	46,20C	0,54	<0,0001	0,2799	0,3820
Girassol+massai	51,00	50,19	49,71	50,30A				
Média	47,34A	48,40A	49,30A					

*EPM= erro padrão da média; ¹sil= tipos de silagens; ²est= estádios de maturação dos grãos; ³sil*est= interação entre tipos de silagens e estádios de maturação dos grãos; ⁴NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; CT= carboidratos totais; CNF= carboidratos não fibrosos; NDT= nutrientes digestíveis totais; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de letras minúsculas nas linhas (estádios x silagens) e maiúsculas nas colunas (silagens x estádios) diferem entre si pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Observou-se que os teores de MS foram superiores no estágio farináceo duro nas silagens de girassol solteiro. Esse resultado já era esperado pelo fato da cultura ter sido colhida no estágio mais avançado do grão, onde há perdas de água e aumento de material senescente, o que teria favorecido o aumento dos teores de MS (DURÃES et al., 2016).

Teores mais elevados de MS ($P < 0,05$) foram verificados nos estádios farináceos mole e duro nas silagens de girassol com capim-buffel e com capim-massai (Tabela 5). Para esse resultado, ressalta-se que a adição das gramíneas só apresentou efeito na elevação dos teores de MS no estágio mais avançado do girassol, o excesso de umidade presente nas plantas colhidas no estágio de grão leitoso, e a baixa participação das gramíneas nos consórcios (Tabela 2) contribuíram para a permanência dos baixos teores de MS no estágio leitoso.

Para os tipos de silagens (Tabela 5) teores mais elevados de MS foram verificados nas silagens de girassol com capim-buffel e massai em relação às silagens de girassol no estágio leitoso. Teores superiores de MS foram observados nas silagens de girassol com capim-massai no estágio farináceo mole.

O maior teor médio de MS obtido neste trabalho foi de 22,41%, sendo muito abaixo do recomendado para ensilagem (McCULLOUGH, 1977). Segundo Tomich et al. (2004) o baixo teor de matéria seca da planta de girassol é considerado limitante para a produção da silagem, os autores atribuem esse fato à colheita em períodos precoces de desenvolvimento da planta.

Porém, Oliveira et al. (2010), afirmaram que teor de MS na cultura do girassol no ponto de ensilagem apresenta alta umidade em determinadas partes da planta, especialmente no capítulo devido a presença de um tecido aquoso e esponjoso em seu interior, representando a parte mais úmida da planta em toda a fase de enchimento dos grãos (FERNANDES et al., 2005).

TORUK et al. (2010) observaram que incrementos no teor de MS com o avanço da maturação fisiológica do girassol refletem na qualidade nutricional e fermentativa da silagem. Os autores definiram o momento adequado para ensilar antes da planta completar a maturação, visando a conciliação entre concentração de nutrientes, acúmulo de conteúdo celular e óleo sem maiores perdas pela elevação nos componentes fibrosos.

Os baixos teores de MS favorecem a baixa pressão osmótica, proporcionando o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* que desdobram açúcares, ácido láctico, proteína e aminoácidos em ácido butírico, acético, amônia e gás carbônico, ocorrendo redução significativa na qualidade da silagem, na sua aceitabilidade e consumo (McDONALD, 1981).

Para os teores de MO (Tabela 5), menores valores foram observados apenas nos estádios farináceo mole das silagens de girassol+capim-buffel e no estágio leitoso das silagens

de girassol+capim-massai. Entre os tipos de silagens, menores valores de MO foram verificados nas silagens de girassol+capim-buffel nos estádios farináceos mole e duro.

Para os teores de PB (Tabela 5), menor valor foi verificado no estágio farináceo mole e farináceo duro nas silagens com capim-massai. Esse é um dos aspectos positivos do ponto de vista nutricional das silagens de girassol, pois mesmos os valores mais baixos verificados nesse estudo, encontram-se acima de 7%, mínimo recomendado por Van Soest (1994) para a manutenção do ambiente ruminal.

Com relação aos tipos de silagens (Tabela 5) maiores valores de PB foram verificados nas silagens de girassol com capim-massai no estágio leitoso. Valores inferiores para esta variável também foram verificados para as silagens de girassol com capim-massai, porém nos estádios farináceos mole e duro dos grãos.

Segundo Van Soest (1994), os teores de PB não apresentam variações significativas ao longo do processo fermentativo, muito embora as frações nitrogenadas possam apresentar alterações em diversas proporções. Os resultados verificados neste trabalho estão condizentes com esta afirmação, quando observa-se os teores de PB antes da ensilagem (Tabela 3) percebe-se que houve pouca variação.

De acordo com McDONALD et al. (1991) aproximadamente 20% da PB se encontra na forma de proteína verdadeira, enquanto os 80% restantes é composto por nitrogênio não protéico. Este comportamento da acelerada modificação da fração protéica faz com que a PB da silagem seja mais solúvel e mais rapidamente disponível para as atividades microbianas.

A proteína é fundamental para o atendimento das exigências nutricionais dos animais e no caso da utilização do girassol na alimentação dos ruminantes, apresenta aspectos positivos, dentre os quais destaca-se a economia na utilização de maiores proporções de concentrado protéico nas dietas para garantir os níveis mínimos desse nutriente, pois os altos teores protéicos dessas silagens poderiam complementar a ração nesse aspecto (MELLO et al., 2004).

Entretanto, é oportuno considerar o uso das silagens de girassol nesse sentido, assim como a sua viabilidade em relação ao preço das fontes protéicas. Na sequência, destaca-se os teores mais elevados de EE no estágio farináceo duro em relação aos estádios farináceo mole e leitoso, independentemente das silagens serem confeccionadas com a cultura solteira ou consorciadas com as gramíneas buffel e massai (Tabela 5).

Com relação aos tipos de silagens (Tabela 5) maiores teores de EE foram verificados nas silagens de girassol no estágio leitoso. Menor valor médio de EE foi verificado para as silagens de girassol com capim-massai no estágio farináceo mole. Esse resultado pode está

relacionado com a proporção de girassol e capim-massai colhidos para ensilar (Tabela 2) em que a quantidade de capim-massai foi muito próxima da quantidade colhida de girassol, o que deve ter provocado efeito de diluição do teor de EE.

Teores inferiores de EE também foram verificados para as silagens de girassol com capim-massai em relação às silagens de girassol e girassol com capim-buffel no estágio farináceo duro (Tabela 5).

Valores elevados de EE também foram observados para as silagens de girassol em outras pesquisas. MARTINS et al. (2014) afirmaram que o alto teor de EE é o principal entrave para utilização desta cultura como planta forrageira. Isto porque volumosos com mais de 7% de EE estão relacionados com reduções na fermentação ruminal, na digestibilidade da fibra e na taxa de motilidade no trato ruminal (MOREIRA et al., 2014).

Segundo Gibb et al. (2005), os ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa livres quando em excesso são potencialmente tóxicos aos microrganismos ruminais, particularmente aos protozoários e bactérias celulolíticas, contribuindo para a redução na atividade microbiana e subsequente digestão.

De maneira geral, os cultivares de girassol que são utilizados para produção de silagem no país são ricos em óleo nos aquênios, visto que a principal finalidade da produção de girassol no Brasil é a extração do óleo (TOMICH et al., 2004).

Segundo os autores citados acima, ainda não existem cultivares de girassol destinados unicamente para a produção de silagem que apresentem teores reduzidos de EE nos grãos. Embora as silagens produzidas com as variedades confeitadeiras apresentem cerca de 3% de extrato etéreo (SCHINGOETHE et al., 1980), a maior parte das sementes disponíveis no mercado nacional são de plantas destinados à produção de óleo.

Desse modo, a silagem de girassol não deve ser ofertada única e exclusivamente para ruminantes. Recomenda-se então, para as dietas que contenham silagem de girassol, que sejam balanceadas de forma adequada, com o intuito de evitar perdas no aproveitamento do alimento e no desempenho animal.

Maiores teores de FDN, FDA e CEL, foram verificados no estágio leitoso nas silagens de girassol com capim-buffel. As perdas elevadas por gases e por efluentes (Tabela 4) podem ter contribuído para esse resultado. Para HCEL menores teores médios foram verificados no estágio leitoso para as silagens com capim-buffel. Ao observar os teores de HCEL no material original (Tabela 3) verificou-se que estes valores foram reduzidos após a ensilagem.

Segundo McDonald et al. (1991), tal fato pode ser justificado pela hidrólise ácida da hemicelulose, que ocorre devido a ação da enzima hemicelulase que está presente na forragem

ensilada e sintetizada pelas bactérias. Em estudo realizado por Jobim e Gonçalves (2003), os autores reforçaram tal afirmação, ao apresentarem evidências da hidrólise promovida pelas enzimas da planta, sobre o amido e hemicelulose, fornecendo hexoses e pentoses para a fermentação.

Para FDN, FDA, CEL e HCEL menores teores médios destas variáveis foram observados no estágio leitoso das silagens de girassol com capim-massai (Tabela 5). O girassol não apresenta teores elevados de componentes fibrosos, é provável que a maior participação do girassol (88%) em relação ao capim-massai (13%) no momento da ensilagem (Tabela 2) justifique esse resultado.

Para os tipos de silagens (Tabela 5), maiores valores de FDN, FDA, CEL e HCEL, foram verificados nas silagens com capim-buffel no estágio leitoso e nas silagens com capim-massai nos estádios farináceo mole e farináceo duro, respectivamente. Para esse caso, a participação das gramíneas no ensilamento já foram elevadas (Tabela 2) e por estarem em estágio reprodutivo com maior proporção de material senescente, é possível que estes fatores possam ter elevado os teores dos componentes fibrosos.

Segundo Possenti et al. (2005) a parede celular da silagem de girassol parece ser formada quase que unicamente de lignocelulose, com teores muito baixos de hemicelulose (Tabela 3). Valores baixos desta fração, entre 9 e 10%, foram obtidos por Jayme et al. (2007), embora outros autores (BORGES et al., 2012) tenham encontrado valores mais elevados (14%).

Com relação aos teores de lignina (Tabela 5), observou-se que estes foram mais elevados apenas no estágio farináceo mole dos grãos nas silagens de girassol solteiro. Não houve diferenças significativas para os teores de lignina nos diferentes estádios de maturação dos grãos nas silagens de girassol+capim-buffel. Valores mais elevados foram verificados no estágio farináceo duro nas silagens de girassol com capim-massai (Tabela 5).

Com relação aos teores médios de lignina nos tipos de silagens (Tabela 5), teores mais elevados ($P < 0,05$) foram verificados nas silagens de girassol com capim-buffel no estágio leitoso. Enquanto que menores teores de lignina foram observados nas silagens com capim-massai no estágio farináceo mole e nas silagens de girassol solteiro no estágio leitoso.

Além dos elevados teores de EE como discutidos anteriormente, os teores de lignina também são considerados fatores de restrição para as silagens de girassol. Segundo Tomich et al. (2004), as silagens desta cultura contém alta proporção de fibra em detergente ácido (FDA) e de lignina, o que é capaz de restringir a digestibilidade de sua fração fibrosa e, conseqüentemente, o aproveitamento da energia disponível nessa fração.

De acordo com Van Soest (1994), o teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade, em razão de incrustação dos polissacarídeos da parede celular, tornando-os menos acessíveis à ação de bactérias e alterando tanto a taxa quanto a extensão da digestão das forrageiras.

Contudo, Tomich et al. (2004) afirmaram que, desde que a dieta seja adequadamente balanceada, o menor aproveitamento da energia disponível na fração fibrosa pode, de certa forma, ser compensado pelo mais alto conteúdo de óleo presente nas silagens de girassol que é um componente altamente energético.

Ao verificar os teores médios de NIDA (Tabela 5) teores inferiores foram observados no estágio farináceo duro dos grãos nas silagens de girassol. Para estas silagens é provável que a menor produção de gases (Tabela 4) com menor geração de calor, justifique esse resultado. Menores teores de NIDA ($P < 0,05$) foram observados no estágio farináceo mole dos grãos nas silagens de girassol com capim-buffel.

Maiores teores médios de NIDA (Tabela 5) foram verificados no estágio farináceo duro em relação ao estágio farináceo mole e leitoso para as silagens de girassol com capim-massai. Para os tipos de silagens (Tabela 5), não houve diferenças significativas para os teores médios de NIDA entre as silagens de girassol e silagens consorciadas no estágio leitoso.

A produção elevada de efluentes (Tabela 4) para as silagens citadas acima no estágio leitoso, indica possível relação para este resultado, já que durante a produção de efluentes ocorrem perdas de conteúdo celular e concentração dos componentes fibrosos com produção de calor e aumento de temperatura, o que pode ter favorecido as reações químicas como a reação de Maillard.

Menores teores de NIDA (Tabela 5) foram verificados nas silagens de girassol+capim-buffel no estágio farináceo mole. Por fim, teores mais elevados foram observados nas silagens de girassol com capim-massai no estágio farináceo duro. Menores valores de NDT ($P < 0,05$) foram verificados no estágio leitoso para as silagens de girassol e silagens com capim-buffel. No estágio farináceo mole, maiores teores foram observados nas silagens com capim-buffel e massai (Tabela 5).

Para os tipos de silagens (Tabela 3) menores valores de NDT foram observados nas silagens com capim-massai nos estágios farináceo mole e farináceo duro (Tabela 3). Provavelmente os altos teores dos componentes fibrosos (Tabela 3) e elevadas perdas por efluentes (Tabela 5) tenham provocado perdas dos teores de amido, conteúdo celular e energia resultando nos baixos valores de NDT.

Com relação aos teores de CT (Tabela 5) observou-se que não houve diferenças entre os estádios para as silagens de girassol. Enquanto que maiores teores de CT (Tabela 5) foram verificados no estádio leitoso para as silagens com girassol+capim-buffel. Menores teores de CT foram verificados no estádio leitoso nas silagens de girassol+capim-massai.

Para os tipos de silagens (Tabela 3), não houve diferenças para as silagens de no estádio leitoso. Contudo, teores médios mais elevados de CT foram verificados nas silagens de girassol com capim-massai, nos estádios farináceo mole e farináceo duro, respectivamente.

Não houve diferenças significativas para os teores de MM (Tabela 5) entre os tipos de silagens e estádios. Provavelmente os altos teores de MM podem ter relação com contaminação por solo no momento do corte e transporte do material. Com relação aos valores de NIDN para os tipos de silagens (Tabela 5) estes foram superiores para as silagens de girassol com capim-buffel em relação às silagens de girassol, ambas semelhantes às silagens de girassol consorciadas com capim-massai.

Os teores de CNF foram superiores nas silagens de girassol em relação às silagens de girassol com as gramíneas buffel e massai (Tabela 5). Segundo Van Soest (1994) os CNF servem de substratos para as bactérias do gênero *Lactobacillus*, melhorando a qualidade da silagem, além de aumentar seu valor nutritivo, elevam o valor energético da silagem e são considerados carboidratos de alta digestibilidade.

Elevados teores de CNF das silagens pode estar também associados à quebra de ligações químicas dos carboidratos estruturais, principalmente da hemicelulose durante o processo fermentativo (TOSI et al., 1975). Entre os tipos de silagens (Tabela 5), maior DIVMS foi verificada para as silagens com capim-massai em relação às silagens de girassol e com capim-buffel. Estas silagens apresentaram menores perdas por gases, menores teores de N-NH₃/NT (Tabela 4) e o fato do capim-massai apresentar maior relação folha/colmo, possa ter contribuído para os maiores valores de DIVMS.

Contudo, de forma geral, os valores de DIVMS relativamente baixos observados para as silagens de girassol podem ser atribuídos à menor digestibilidade da fração fibrosa, fato esse relacionado ao maior teor de FDA das silagens, altos teores de lignina (Tabela 5), uma vez que o girassol apresenta mais componentes lignocelulósicos (POSSENTI et al., 2005) e às elevadas perdas do conteúdo celular pela produção de efluentes (Tabela 4)

Os valores de digestibilidade verificados neste trabalho estão semelhantes aos encontrados por Tomich et al. (2004), que relataram valores médios de DIVMS de 49,8% para silagens de 13 cultivares de girassol ensilados em fase final de maturação fisiológica.

5.4 Conclusão

As silagens de girassol na condição solteira devem ser confeccionadas no estágio farináceo duro. Em condição consorciada, a indicação é no estágio farináceo duro com o capim-massai.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

As culturas utilizadas para a confecção de silagens nesse estudo são consideradas adaptadas e bastante produtivas às condições do semiárido nordestino brasileiro, condições estas, que limitam a produção de ruminantes durante o período mais seco do ano. Dessa maneira, a utilização de tecnologias sustentáveis como a adoção do sistema Santa Fé, para a produção e conservação de volumosos, permite não só melhorar a qualidade nutricional das silagens produzidas por meio do consórcio, como também implica na importância da realização do planejamento alimentar para o rebanho, visando o incremento da produção e a viabilidade econômica do sistema.

Ressalta-se que, mais estudos sobre a composição físico-química de silagens oriundas de consórcios devem ser realizados, sugere-se como análises complementares, o perfil microbiológico das silagens, análises de fracionamento de carboidratos e proteínas, e a análise de estabilidade aeróbica para diagnóstico mais apurado e indicações mais acertadas na formulação das dietas.

Por fim, é importante frisar a necessidade do uso de culturas alternativas em substituição ao milho e sorgo, como é o caso da cultura do girassol. Embora não tenha apresentado silagens mais adequadas no presente trabalho, esta cultura revela-se com grande potencial produtivo e pontos positivos em relação aos teores de proteína e energia, nutrientes limitantes durante o período seco na dieta dos animais.

REFERÊNCIAS

AFRC. Technical committee on responses to nutrients. Report n. 2. Characterization of feedstuffs. **Nutrition Abstract and Reviews**. v. 57, p. 713- 736, 1987.

AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.977-983, 2008.

ANTUNES NETO, O.; CAXITO, A. M.; CHAVES, F. F.; PESSOA, S. T. Produção de silagem de sorgo BRS Ponta Negra em pequenas propriedades no Norte de Minas Gerais. **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Milho e Sorgo: Inovações, mercados e segurança alimentar. Bento Gonçalves, RS, 2016.

AOAC. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS**. Washington, Association of Official Analytical Chemists, 15th ed., p.369-406,1990.

ASHBELL, G. **Basic principles of preservation of forage, by-products and residues as silage or hay**. Bet Dagan: Agricultural Research Organization, The Volcani Center. n.166, 58 p.1995.

BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M.; SANTOS, P. M. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-Tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.519-528, 2003.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BASSO, F. C.; LARA, E. C.; ASSIS, F. B.; RABELO, C. H. S.; MORELLI, M.; REIS, R. A. Características da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com *Bacillus subtilis*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.1009-1019, 2012.

BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (Sorghum vulgare). **Agronomia Tropical**, v.14, n.4,p.651-658, 1965.

BERNARDES, T. F.; RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.1852-1861, 2014.

BERNARDES, T. F. **Silagens de milho**: Importância das características dos grãos. Milk Point, 2015.

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

BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARELLHA, R. **Milho/ do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. 275 p. UFV, 2014.

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 ACSA**, v. 8, n. 4, p. 01-06, 2012.

CABON, G. Diversity of chemical composition evolutions of maize the weeks before harvesting Indicators of physiological stage. In: COLLOQUE MAÏS ENSILAGE. 1., 1996, Nantes. **Proceedings...** Nantes-France, 1996. p.43-50.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; PONTES, L. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R.M.C.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 1040-1046, 2014.

CATCHAPOOLE, V. R.; HENZEL, E.F. Silage and silage-making from tropical herbage species. **Herbage Abstracts**, v.41, p.213-221, 1971.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares de milho para silagem. In: CRUZ, J. C. et al. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 11-37.

DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia Nova Odessa**, v.33, n.3, p.111-136, 1995.

DRIEHUIS, S. J. W. H.; ELFERINK, O.; e SPOELSTRA, S. F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, n.87, p.583-594, 1999.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; LAVINSKY, A. O. **Cultivo do Milheto**. Embrapa Milho e Sorgo. Série Sistema de produção. 5ª edição, 2016.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **A cultura do Milheto**. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008, 2p. (Encarte Técnico/ Embrapa Milho e Sorgo). EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. Massai é o novo capim lançado pela Embrapa. **Gado de Corte informa**, Campo Grande, v. 14, n. 1, p 4-5, 2001.

EVANGELISTA, A. R. e LIMA, J. A. **Utilização de silagem de girassol na alimentação animal**. Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas (2001 -Maringá), p. 177-217, Maringá : UEM/CCA/DZO, 2001. 319p, 2001.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 4ª edição. Piracicaba: Livro ceres, 2004,360p.

FERNANDES, F. D.; AMABILE, R. F.; GOMES, A. C. Avaliação de diferentes genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) para ensilagem em diferentes estádios de desenvolvimento no Cerrado. **Embrapa Cerrados**, Planaltina-DF, 2005.

FERREIRA, J. J. Características qualitativas e produtivas da planta de milho e sorgo. In: CRUZ, J.C., et al. (Eds). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA. p.383-404, 2001.

FRANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L. Intercrop of corn for silage with *Brachiaria brizantha* under conventional tillage system. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 635-644, 2005.

GIBB, D. J.; SHAH, M. A.; MIR, P. S.; McALLISTER, T. A. Effect of full-fat hemp seed on performance and tissue fatty acids of feedlot cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.85, p.223-230, 2005.

HAIGH, P. M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, v.54, p.208-218, 1999.

HERON, S. J. E.; EDWARDS, R. A., PHILLIPS, P. The effect of pH on the activity of ryegrass (*Lolium multiflorum*) proteases. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.46, n.3, p.267-277, 1989.

HODGSON, J. **Grazing management: Science into practice**. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical, Longman, 1990. 203p.

INMET. **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**. Dados históricos de Sobral, CE em 2015. Disponível em:
http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf. Acesso em 06 de março de 2017.

JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.G.; RODRIGUES, J.A.A.; PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; A.L.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S.; JAYME, C.G. Quality of silages of sunflower genotypes (*Helianthus annuus*) confectioners and oil producers. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.5, p.1287-1293, 2007.

JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D. Microbiologia de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNESP, 2003. p. 1-26.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007 (supl.especial).

JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Agronomie Journal**, v.81, p.33-38, 1989.

- KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: Integração Lavoura- Pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. **Circular Técnica / Embrapa Arroz e Feijão**, 28 p. 2000.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. 1928. **Klimate der Erde**, Gotha: Verlag Justus Perthes.
- KUNG, L. SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. **Focus on Forage**, v.3, n.13, 2001.
- LAVEZZO, W.; ANDRADE, J. B. Conservação de forragens: feno e silagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGENS E PASTAGENS, 1994, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.105-166,1994.
- LAUER, J.; HUDELSON, K.; FLANNERY, P. Harvesting silage at the correct moisture. **Wisconsin Crop Manager**, v.3, n.24, p.142-143, 1996. Disponível em: <http://corn.Agronomy.wisc.edu/Publications/WCM/1996/SHARVEST96.htm>
Acesso em: 10 de outubro de 2018.
- LEONEL, F. de P.; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; DE MARCO JÚNIOR, P.; SILVA, C. J. da; LARA, L. A. Consórcio capim braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.166-176, 2009.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, n.57, p.347-358, 1996.
- LIM, J. M.; NESTOR Jr.; K. E.; KUNG Jr., L. The effect of hybrid type and dietary proportions of corn silage on the lactation performance of high-producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.2, p.1195-1203, 2015.
- MACHADO, L. A. Z. ; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão a soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 415-422, 2010.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; Fisiologia da produção do milho. **Circular Técnica**, n. 76. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2006.
- MARTINS, A. S.; OLIVEIRA, J. R.; LEDERER, M. L.; MOLETTA, J. L.; GALETTO, S. L.; PEDROSA, V. B. Glycerol inclusion levels in corn and sunflower silages. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.5, p.497-505, 2014.
- MARTINS, M. A. **Estimativa da produtividade da cultura do milho no semiárido brasileiro, com base no modelo aquacrop e previsão climática sazonal**. São José dos Campos: INPE, 2017. 115 p. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017.
- MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CASTILHOS, A. M. Sidedress nitrogen

application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, v.108, n.1, p.433-447, 2016.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Willey e Sons, 1981. 226p.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The Biochemistry of Silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe. 1991.

McCULLOUGH, M.E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs** ,v.49, n.13, p.49-52, 1977.

McKERSIE, B. D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. **Agronomy Journal**, v.77, n.1, p.81-86, 1985.

MENDES, M. C.; VON PINHO, R.G.; PEREIRA, M.N. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. **Bragantia**, v.67, n. 2, p.285-297, 2008.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, p.87-95, 2004.

MELLO, R.; NORBERG, J.L., QUEIROZ, A.C.; MIRANDA, E.N.; MAGALHAES, A.L.R.; DAVID, D.B., SARMENTO, J.L.R. Composição química, digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1523-1534, 2006.

MIRANDA, J. E. C. de.; PEREIRA, J. R. Instrução técnica para o produtor de leite. **Tipos de sorgo para silagem**. Juiz de Fora , MG :EMBRAPA/CNPGL, 2006. Circular técnica do Centro nacional de pesquisa do milho e sorgo; n. 51.

MOON, N. J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 55, p. 453-460, 1983.

MOISIO, T.; HEIKOMEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science and Technology**, v.47, n.1, p.107-124, 1994.

MOREIRA, N. J; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; GARCIA, G. L. A.; SILVA, G. C. Potencial de produção de capim-buffel na época seca no Semiárido Pernambucano. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 20-27, 2007.

MOREIRA, M.N.; SILVA, A.M.A.; CARNEIRO, H.; BEZERRA, L.R.; MORAIS, R.K.O.; MEDEIROS, F.F. *In vitro* degradability and total gas production of biodiesel chain byproducts used as a replacement for cane sugar feed. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v.36, n.4, p.399-403, 2014.

MURDOCH, J. C.; BALCH, D. A.; HOLDSWORTH, M. C.; WOOD, M. The effect of chopping, lacerating and wilting of herbage on the chemical composition of silage. **Journal British Grassland Society** , v.10, n.2, p.181-186, 1975.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; GORSKI, S. C.; FARIA, M.V.; UENO, R. K.; MARAFON, F. Girassol (*Helianthus annuus* L.) para produção de silagem de planta inteira. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.2, n.3, p. 181-190, 2009.

NRC -NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7.ed. Washington: **National Academy Press**, 362p, 2001.

NUNES, A.; CORREIA, I.; BARROS, A.; DELGADILLO, I. Characterization of kafirin and zein oligomers by preparative sodium dodecyl sulfate – Polyacrylamide gel electrophoresis. **Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 639–643, 2005.

OLIVEIRA, M. C. O. Capim-buffel nas regiões secas do nordeste. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, **Circular Técnica**, n. 5, 19p. 1981.

OLIVEIRA, J. S. Manejo do silo e utilização da silagem de milho e sorgo. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. et al. (Eds.) Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2001. p.473-518.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O. Produtividade, composição química e características agrônômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2604-2610, 2010.

OHSHIMA, M., McDONALD, P. A review of changes in nitrogenous compounds in herbages during ensiling. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.29, n.6, p.497-505, 1978.

PACIULLO, D. S. C.; MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A. Proporção de tecidos espessura da parede celular em espécies de braquiária, cultivadas sob diferentes níveis de umidade do solo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia /Gmosis, [1999] 17 par. CD ROM. Forragicultura.

PARRELLA, R. A. C.; MENEGUCI, J. L. P.; RIBEIRO, A.; SILVA, A. R.; PARRELLA, N. N. L. D.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28. Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: ABMS, 2010. p.2858-2866.

PAZIANI, S. de F.; NUSSIO, L. G. ; LOURES, D. R. S. ; IGARASI, M. S ; PEDROSO, A. F. ; MARI, L. J. Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 28, n.3, p. 265-271, 2006.

PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F.; LOURDES, D. R. S.; IGARASI, M. S.; COELHO, R. M.; PACKER, I. H.; HORII, J.; GOMES, L. H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agrícola**, 62:427-432, 2005.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; PROCOPIO, S. O. ; CARGNELUTTI FILHO, A. ; VOLF, M. R. Seletividade de herbicidas à cultura do milho e ao capim-braquiária cultivadas

no sistema de Integração Lavoura-pecuária. **Semina Ciências Agrárias**, v. 32, p. 855-864, 2011.

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 Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.426-436.

POSSENTI, R. A.; FERRARI JUNIOR, E.; BUENO, M. S.; BIANCHINI, D.; LEINZ, F. F.; RODRIGUES, C. F.; Bromatological and fermentative parameters of corn and Sunflower silages. **Ciência Rural**, v.35, n.5, 2005.

RANJIT, N. K.; KUNG, Jr. L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, n.83, p.526-535,2000.

RIBEIRO, J. L.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B.; MARI, L. J.; ZOPOLLATTO, M.; PAZIANI, S. F. Valor nutritivo de silagens de capim-marandu submetidas aos efeitos de umidade, inoculação bacteriana e estação do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1176-1184, 2008.

RIBEIRO, L. S. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; PEREIRA, M. L. A.; SANTOS, A. B.; ROCHA, L. C. Fermentation characteristics, chemical composition and fractionation of carbohydrates and crude protein of silage of elephant grass wilted or with addition of castor bean meal. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1447-1462, 2014.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **Howa soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 20p. (Special Report, 53).

ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J. **The detergent system of analysis and its application to human foods**. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Eds.). The analysis of dietary fiber in food. New York: Marcel Dekker, 1981. p123-158.

RODRIGUES, J. A. S.; SILVA, F. E.; GONÇALVES, L. C. Silagem de diferentes cultivares de sorgo forrageiro colhidos em diversos estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. **Anais...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1996. p.269.

RODRIGUES, J. A. S.; ALVARENGA, R. C.; KARAM, D.; SANTOS, F. G. Implantação de pastagem de *Braquiária brizanta* consorciado com diferentes cultivares de Sorgo. **XXV Congresso Nacional de milho e sorgo**, Cuiabá- Mato Grosso, 2004.

ROGÉRIO, M. C. P.; POMPEU, R. C. F. F.; GUEDES, F. L.; TONUCCI, R. G.; SOUZA, H. A. de; MAGALHAES, J. A.; CARNEIRO, M. S. de S.; GUEDES, L. F.; OLIVEIRA, D. de S.; SILVA, S. F. Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em condições de sequeiro: Garantia de reserva de forragem de qualidade, em forma de silagem, para o semiárido. Sobral: **Embrapa Caprinos e Ovinos**, 2018. 12 p. (Embrapa Caprinos e Ovinos/ Comunicado Técnico, 180).

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: **Corn Silage Production Management and Feeding**. Madison American Society of Agronomy, 1995. p.27-29.

SAS, 2005. SAS Systems for Windows SAS 9.4 Procedures Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J. **The detergent system of analysis and its application to human foods**. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Eds.). The analysis of dietary fiber in food. New York: Marcel Dekker, 1981. p123-158.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, O. O.; FALCÃO, H.; ANTÔNIO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; LUSTOSA, B. M.; SANTOS, M. G. Desempenho ecofisiológico de milho, sorgo e braquiária sob déficit hídrico e reidratação. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p.203-212, 2014.

SANTOS, E. M.; PARENTE, H. N.; OLIVEIRA, J. N.; PARENTE, M. O. M. **Ensilagem de plantas forrageiras para o Semiárido**. 1ª edição, São Luís, EDUFMA, 2016. 317p.

SCALÉA, M. J. Perguntas e Respostas sobre o plantio direto. **Informações Agronômicas**, n. 83, p.1-8. 1998. Encarte Técnico.

SCHINGOETHE, D. J., SKYBERG, E. W., ROOK, J. A. Chemical composition of sunflower silage as influenced by additions of urea, dried whey and sodium hydroxide. **Journal of Animal Science**, v.50, n.4, p.529-625, 1980.

SILVA, J. M.; FEIJÓ, G. L. D.; THIAGO, L. R. L. S.; KICHEL, A. N.; PORTO, J. C. A. Desempenho animal e avaliação do potencial produtivo de forragens para ensilagem, por intermédio de diferentes fontes de suplementação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.642-653, 1999.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TITITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1504-1512, 2009.

SILVA, E. T. P.; GUIMARÃES, K. C.; MARQUES, K. O.; CARVALHO, T. A.; ANTONIO, P. VIEIRA JUNIOR, A. I. R. Nutritional and fermentation parameters of Xaraés grass silage produced with bacterial additive. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.36, p. 265-269, 2014.

SILVEIRA, P. R. de S. **Adubação e espaçamento entre linhas na produtividade de milho (*Zea mays*) híbrido BRAS 3010**. Mossoró: UFERSA, 2014. 77 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2014.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P. et al. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.103-112, 2010.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, B. P. S.; COELHO, S. G.; GONÇALVES, L. C.; VIEIRA, F.A. P.; BORGES, A. L. C.C.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; SALIBA, E. S. Bromatological composition of silage of four sunflower genotypes ensiled at different harvesting ages. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, supl. 2, p.204-211, 2005.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. **Características Químicas para Avaliação do Processo Fermentativo de Silagens: uma Proposta para Qualificação da Fermentação** (Documentos 57/Embrapa Pantanal- ISSN 1517-1973), Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20p.

TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, R. G. P.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.2, p.258-263, 2004.

TOMICH, T. G.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N. M. R. Características Químicas e Digestibilidade in vitro de Silagens de Girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1672-1682, 2004 (Supl. 1).

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

TORUK, F.; GONULOL, E.; KAYISOGLU, B; KOC, F. Effects of compaction and maturity stages on sunflower silage quality. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, n.1, p. 55-59, 2010.

TOSI, H., SILVEIRA, A. C., FARIA, V. P., PEREIRA, R. L. Avaliação do girassol (*Helianthus annuus L.*) como planta para ensilagem. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, n.4,v.1,p:39-48, 1975.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

ZAGO, C. P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: Manejo Cultural do Sorgo para forragem. **Circular Técnica**, EMBRAPA/CNPMS, n.17, p. 9-26, 1997.

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L.G.; MARI, L. J.; SCHMIDT, P.; DUARTE, A. P.; MOURÃO, G.B. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.452-461, 2009.

WANISKA, R. D.; ROONEY, L. W. Chapter 4.1- Structure and chemistry of the sorghum caryopsis. **Sorghum: Origin, History, Technology, and Production**, p.649-688, 2000.

WHITE, J. S., BOLSEN, K. K., POSLER, G. Forage sorghum silage dry matter disappearance as influenced by plant part proportion. **Anim. Feed Science and Technology.**, v.33, p.313-322, 1991.

WIERING, G.W. Some factors affecting silage fermentation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, **Proceedings...** Berkshire, 1960, p.497-502.

WOOLFORD, M.K. Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. **Herbage Abstracts.** v.42, n. 2, 105-111, 1972.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation.** New York: Marcel Dekker, 1984. 350 p.

APÊNDICE A - LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1-	Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação solar do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE.....	21
-----------	--	----

Capítulo II

Figura 1-	Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação solar do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE.....	43
-----------	--	----

Capítulo III

Figura 1-	Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação solar do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE.....	65
-----------	--	----

Capítulo IV

Figura 1-	Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação solar do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE.....	87
-----------	--	----

APÊNDICE B - LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1-	Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento.....	22
Tabela 2-	Produção de matéria seca total de milho cv. BRS Gorutuba em monocultivo e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai considerando épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e respectivas proporções de milho e gramíneas na ensilagem.....	23
Tabela 3-	Composição físico-química (%MS) do milho cv. BRS Gorutuba colhido em monocultivo e consorciado com o capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai em épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e dos capins buffel e massai colhidos em monocultivo, antes da ensilagem.....	23
Tabela 4-	Perfil fermentativo e classificação da qualidade de silagens de milho solteiro cv. BRS Gorutuba e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Ma cv. massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de (leitoso, farináceo mole e farináceo duro).....	27
Tabela 5-	Composição físico-química (% MS) de silagens de milho solteiro cv. BRS Gorutuba e de milho consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro).....	32

Capítulo II

Tabela 1-	Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação solar do ano de 2015 durante o período experimental na	
-----------	---	--

	Fazenda Santa Rita - Sobral, CE.....	44
Tabela 2-	Produção de matéria seca total de sorgo cv. BRS Ponta Negra em monocultivo e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai considerando épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de sorgo (verde, leitoso e farináceo mole) e respectivas proporções de sorgo e gramíneas na ensilagem.....	45
Tabela 3-	Composição físico-química (%MS) do sorgo cv. BRS Ponta Negra colhido em monocultivo e consorciado com o capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai em épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de sorgo (verde, leitoso e farináceo mole) e dos capins buffel e massai colhidos em monocultivo, antes da ensilagem.....	45
Tabela 4-	Perfil fermentativo e classificação da qualidade de silagens de sorgo solteiro cv.BRS Ponta Negra e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Ma cv. massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de sorgo (verde, leitoso e farináceo mole).....	49
Tabela 5-	Composição físico-química (% MS) de silagens de sorgo solteiro cv. BRS Ponta Negra e de sorgo consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de sorgo (verde, leitoso e farináceo mole).....	53

Capítulo III

Tabela 1-	Precipitação pluviométrica, temperaturas mínimas, máximas, médias e radiação solar do ano de 2015 durante o período experimental na Fazenda Santa Rita - Sobral, CE.....	66
Tabela 2-	Produção de matéria seca total de milho cv. BRS 1501 em monocultivo e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai considerando épocas de corte definidas quanto aos	

	estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e respectivas proporções de milho e gramíneas na ensilagem.....	67
Tabela 3-	Composição físico-química (%MS) do milho cv. BRS 1501 colhido em monocultivo e consorciado com o capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai em épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e dos capins buffel e massai colhidos em monocultivo, antes da ensilagem.....	67
Tabela 4-	Perfil fermentativo e classificação da qualidade de silagens de milho solteiro cv.BRS 1501 e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Ma cv. massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro).....	71
Tabela 5-	Composição físico-química (% MS) de silagens de milho solteiro cv. BRS 1501 e de milho consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de milho (leitoso, farináceo mole e farináceo duro).....	77

Capítulo IV

Tabela 1-	Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento.....	88
Tabela 2-	Produção de matéria seca total de girassol cv. BRS 122 em monocultivo e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai considerando épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de girassol (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e respectivas proporções de girassol e gramíneas na ensilagem.....	89

- Tabela 3- Composição físico-química (%MS) do girassol cv. BRS 122 colhido em monocultivo e consorciado com o capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai em épocas de corte definidas quanto aos estádios de maturação dos grãos de girassol (leitoso, farináceo mole e farináceo duro) e dos capins buffel e massai colhidos em monocultivo, antes da ensilagem..... 89
- Tabela 4- Perfil fermentativo e classificação da qualidade de silagens de girassol solteiro cv.BRS 122 e consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Ma cv. massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de girassol (leitoso, farináceo mole e farináceo duro)..... 93
- Tabela 5- Composição físico-química (% MS) de silagens de girassol solteiro cv. BRS 122 e de girassol consorciado com capim-buffel cv. Áridus ou capim-massai cv. Massai, com épocas de corte definidas pelos estádios de maturação dos grãos de girassol (leitoso, farináceo mole e farináceo duro)..... 100