

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE SORGO COM NÍVEIS
DE RESÍDUO DA COLHEITA DA SOJA**

Larissa de Assis Lima

Médica Veterinária

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE SORGO COM NÍVEIS
DE RESÍDUO DA COLHEITA DA SOJA**

Larissa de Assis Lima

Orientador: Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz

Co-orientadores: Profa. Dra. Marcia Dias

Prof. Dr. Fernando José dos Santos Dias

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás – UFG, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Setembro de 2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
GPT/BC/UFG**

L732v Lima, Larissa de Assis.
Valor nutritivo da silagem de sorgo com níveis de resíduo da colheita da soja [manuscrito] / Larissa de Assis Lima. - 2014.
65 f. : il., figs. tabs.

Orientador: Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz; Co-orientadores: Profa. Dra. Marcia Dias; Prof. Dr. Fernando José dos Santos Dias.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí. 2014.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas.


1. Sorgo – Silagem 2. Sorgo – nutrientes 3. Silagem 4. Soja – Resíduos. I. Título.

CDU- 633.17:636.085.52

LARISSA DE ASSIS LIMA

TÍTULO: “Valor nutritivo da silagem de sorgo com níveis de residuo da colheita da soja”

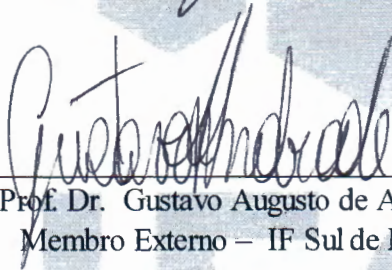
Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 24 de setembro de 2014, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz
Presidente – RJ/UFG



Prof. Dra. Vera Lúcia Banys
Membro – RJ/UFG



Prof. Dr. Gustavo Augusto de Andrade
Membro Externo – IF Sul de Minas

Jataí - Goiás
Brasil

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LARISSA DE ASSIS LIMA – nascida no dia 12 de janeiro de 1980, na cidade de Jataí, Goiás, filha de Gênio Eurípedes Cabral de Assis e Idélia Maria de Lima. Iniciou o Curso de Ciências Biológicas na Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí no mês de fevereiro de 1999 e obteve o título de Licenciatura em Ciências Biológicas em abril de 2003. Especializou-se no Controle da Qualidade dos Alimentos na Universidade Federal de Lavras no mês de março de 2004 e obteve o título de Especialista em maio de 2005. Iniciou o Curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, no mês de fevereiro de 2007 e obteve o título de Bacharel em Medicina Veterinária em maio de 2012. Em agosto de 2012 ingressou no Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia na Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, sob a orientação do Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz. Em setembro de 2014 submeteu-se à banca examinadora para a defesa final da dissertação, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS	vi
LISTA DE TABELAS E FIGURAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1 Introdução	1
1.2 Revisão de Literatura	3
1.2.1 Produção e características do sorgo	3
1.2.2 Utilização do sorgo para a produção de silagem	4
1.2.3 Utilização do resíduo da soja no processo de ensilagem	7
1.2.4 Processo fermentativo e perdas da silagem	9
1.2.5 Parâmetros de qualidade da silagem	9
1.2.6 Exposição aeróbia da silagem	10
1.2.7 Utilização de termômetros de mercúrio e digital com infravermelho no ensaio de exposição aeróbia	11
1.2.8 Digestibilidade <i>in vitro</i> da silagem	11
1.2.9 Fracionamento de carboidratos	13
1.3 Referências	16
CAPÍTULO 2 - VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE SORGO COM NÍVEIS DE RESÍDUO DA COLHEITA DA SOJA	21
Resumo	21
Abstract	22
2.1 Introdução	23
2.2 Material e Métodos	24
2.3 Resultados e Discussão	28
2.4 Conclusões	34
2.5 Referências	35

CAPÍTULO 3 – ESTABILIDADE AERÓBIA DA SILAGEM DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) COM RESÍDUO DA COLHEITA DA SOJA.....	38
Resumo	38
Abstract	39
3.1 Introdução	40
3.2 Material e Métodos	41
3.3 Resultados e Discussão	45
3.4 Conclusões	52
3.5 Referências	53

LISTA DE ABREVIATURAS

CF – carboidratos fibrosos

CIDN – cinza insolúvel em detergente neutro

CNF – carboidratos não fibrosos

CHO – carboidratos totais

DIVMO – digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica

DIVMS – digestibilidade *in vitro* da matéria seca

DIVPB – digestibilidade *in vitro* da proteína bruta

EE – extrato etéreo

FDA – fibra em detergente ácido

FDN - fibra em detergente neutro

FDN_{cp} - fibra em detergente neutro corrigidos para cinza e proteína

Hcel – hemicelulose

LIG - lignina

MM – matéria mineral

MN – matéria natural

MO – matéria orgânica

MS – matéria seca

N-NH₃ – nitrogênio amoniacal

NNP – nitrogênio não proteico

PB – proteína bruta

PG – produção de gás

PIDA/PB – proteína insolúvel em detergente ácido em relação à proteína bruta

PIDN/PB – proteína insolúvel em detergente neutro em relação à proteína bruta

RecMS - recuperação de matéria seca

RecMO – recuperação de matéria orgânica

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Capítulo 2 – Valor nutritivo da silagem de sorgo com níveis de resíduo da colheita as soja

Tabela 2.1 - Composição químico-bromatológica do resíduo da colheita de soja e da mistura com o sorgo na pré-ensilagem	24
Tabela 2.2 - Composição químico-bromatológica (%MS), fracionamento de carboidratos CNCPS (%CHO), produção de nutrientes (kgMS/m ³), parâmetros de qualidade da silagem e digestibilidade <i>in vitro</i> (%) da silagem de sorgo em função do nível de substituição do resíduo da colheita da soja	29
Tabela 2.3 - Composição químico-bromatológica (%MS), digestibilidade <i>in vitro</i> (%) e produção de gás (mm ³ /gMS/h) da silagem de sorgo em função do nível de substituição do resíduo da colheita da soja	30

Capítulo 3 – Estabilidade aeróbia da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com resíduo da colheita da soja

Tabela 3.1 - Composição químico-bromatológica do resíduo da colheita de soja e da mistura com o sorgo na pré-ensilagem	41
Tabela 3.2 - Médias e desvio padrão das variáveis N-NH ₃ , pH, acidez titulável, RecMS e RecMO em função do nível de substituição do resíduo da colheita da soja no 6 ^o e 12 ^o dia de observação	45
Tabela 3.3 - Médias e desvio padrão das variáveis N-NH ₃ , pH, acidez titulável, RecMS e RecMO em função do nível de substituição do resíduo da colheita da soja ou do dia de observação	46
Figura 3.1 - Temperaturas médias da estufa com as repetições dos três tratamentos 0, 3 e 6% do resíduo da colheita de soja na silagem de sorgo, durante o ensaio da estabilidade aeróbia	48
Figura 3.2 - Relação entre a taxa de estabilidade (Tx _{est} ; h/°C) estimada pelos termômetros com infravermelho (T _{infravermelho}) e de mercúrio (T _{mercúrio})	50

VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE SORGO COM NÍVEIS DE RESÍDUO DA COLHEITA DA SOJA

RESUMO: Em consequência da estacionalidade das pastagens no período seco no Brasil, as forrageiras não fornecem quantidades de nutrientes suficientes em todas as épocas do ano para manter os índices produtivos dos animais, sendo recomendável a conservação da forragem de qualidade na forma, por exemplo, de silagem. Visando o baixo custo no processo de ensilagem, alternativas surgem para a conservação de forragens com a adição de resíduos ou co-produtos agroindustriais que possibilitem a melhoria das características químicas da massa ensilada. Objetivando a determinação químico-bromatológica, o pH, a produção de gás, a recuperação da MS, a acidez titulável, o nitrogênio amoniacal, a estabilidade aeróbia e a digestibilidade *in vitro* da silagem de sorgo com diferentes níveis do resíduo da colheita da soja, foi realizado um experimento na Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, pelo uso de 10 minissilos contendo 1 kg de areia fina seca no fundo, separada da silagem por um tecido de algodão e providos de tampa com válvula tipo *Bunsen*. Após 50 dias, os minissilos foram abertos para a avaliação da estabilidade aeróbia, 500 g de silagem foram separadas em baldes plásticos de capacidade de 2 L em duplicada, sendo que uma era composta por um termômetro com mercúrio inserido na massa. Estes baldes permaneceram em estufa a 25°C, com aferição das temperaturas (termômetros de mercúrio e digital) de 12 em 12 horas até observação do aumento de 2°C acima da temperatura ambiente. Todas as análises dos dados foram realizadas no programa SAS versão 9.3 (2010) a 5% de probabilidade. Para o efeito da substituição do resíduo da colheita da soja nas características de composição da silagem foi considerando o delineamento inteiramente casualizado com seis repetições e a comparação dos tratamentos realizada por contraste ortogonal. Para avaliar o comportamento de exposição aeróbia utilizou-se parcela subdividida, considerando o efeito da substituição do resíduo na parcela e o dia de amostragem na sub-parcela. As comparações das médias foram realizadas utilizando o teste de Tukey. Para comparar os valores da taxa de estabilidade em função do tipo de termômetro (mercúrio ou infra vermelho) foi utilizada equação de regressão entre as duas estimativas, $Y(T_{\text{digital}}) = \beta_0 + \beta_1 X(T_{\text{mercúrio}})$, empregando o teste “t”, para verificar se a inclinação da reta obtida pela regressão difere da reta ideal de igualdade entre as técnicas ($Y=X$). Também, foi realizada análise de variância na avaliação do nível de substituição do resíduo separadamente para cada termômetro.

Palavras-chave: co-produto, digestibilidade *in vitro*, ensilagem, exposição aeróbia, produção de gás

NUTRITIVE VALUE OF SILAGE SORGHUM RESIDUE LEVELS OF SOYBEAN HARVEST

ABSTRACT: As a result of pasture seasonality during the Brazil dry season forages do not provide sufficient amounts nutrients, to the animals production rates and because of this it is recommended the retention of quality forage as silage. Always aiming at the low cost of silage production, alternatives arise for forage conservation with the addition of wastes, allowing improvement of the chemical characteristics of the silage mass. Aiming chemical-bromatological determination, pH, gas production, recovery of DM, titratable acidity, ammonia nitrogen, aerobic exposure and *in vitro* digestibility of sorghum silage added with soybean crop residue, performed a experiment at the Federal University of Goias, Regional Jataí, characterized by 10 mini-silos containing 1 kg of dry fine sand at the bottom, separated by a silage cotton fabric and fitted with Bunsen valve cap with type. After 50 days, the mini-silos were opened and made the analyzes. For evaluation of aerobic exposure, 500 g silage were separated into plastic buckets capacity 2 L in duplicate, one of which consisted of a mercury thermometer inserted into the mass. These buckets remained in an incubator at 25°C, with measurement of temperature (mercury thermometer and digital thermometer) of 12 in 12 hours to observe the increase of 2°C above ambient temperature. All data analyzes were performed using SAS version 9.3 (2010) a 5% probability program. For the effect of the addition of soybean residue on the compositional characteristics of the silage was considering completely randomized with six replications, and the comparison of levels of addition of soybean crop residue was orthogonal contrast. To evaluate the performance of aerobic exposure, used it as a split plot design, considering the effect of the addition of the residue in the plot and sampling day in the sub-plot. Comparisons between means were performed using the Tukey test. To compare the values of rate stability depending on the type of thermometer (mercury or infra red) was used regression equation between the two estimates, $Y (T_{digital}) = \beta_0 + \beta_1 X (T_{mercury})$, using the "t" test, to verify if the slope of the line obtained by regression differs from the ideal straight equality between techniques ($Y = X$). Also, analysis of variance was performed on the evaluation of the level of waste additions separately for each thermometer.

Keywords: aerobic exposure, co-product, ensilage, gas production, *in vitro* digestibility

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de forragem é desuniforme ao longo do ano por apresentar períodos de produtividade máxima e de estacionalidade, influenciados por fatores climáticos diferenciados regionalmente. Na Região Centro-Oeste, por exemplo, as variações climáticas ocasionam estacionalidade na produção de forrageiras durante o inverno associada à queda na qualidade da forragem o que faz com que o produtor tenha prejuízos em seu rebanho como perda de peso, aumento da mortalidade, baixa produção de carne e leite e baixa produtividade (Vilela et al., 2008).

Com isto, seria importante conservar forragem de alta qualidade produzida na época das chuvas, para ser utilizada no período de seca na forma de silagem. O milho tem sido a forrageira de maior utilização no processo de ensilagem, entretanto, o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) está entre os cereais mais plantados no mundo e tem-se mostrado com boa opção em substituição ao milho devido à maior resistência ao déficit hídrico, favorecendo-o quanto à produção de MS/ha, à resistência quando em regiões de menor índice pluviométrico, à capacidade de rebrota e à menor exigência quanto à fertilidade do solo (Dias et al., 2001).

Incluir na ensilagem resíduos provenientes da agroindústria tem sido uma alternativa às culturas tradicionais, tendo como vantagem o baixo custo de aquisição do material a ser ensilado e o possível aumento do valor nutritivo. Além disso, o aproveitamento destes resíduos contribui para minimizar o impacto causado pelo seu acúmulo no meio ambiente.

Desta forma, buscam-se alternativas para a conservação de forragens por meio de processos de ensilagem de diferentes materiais, com foco na obtenção de resíduos, co-produtos e/ou aditivos que possibilitem a melhoria das características químicas da massa ensilada. A decisão pelo tipo de resíduo depende não somente dos seus efeitos nutricionais positivos, mas também da sua viabilidade econômica do seu uso, e a possibilidade de favorecer o processo fermentativo.

Com a condução deste experimento, objetivou-se estudar o efeito da inclusão do resíduo da colheita da soja sobre a qualidade fermentativa e o valor nutricional da

silagem de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Para isto, foram avaliados três níveis de substituição (0, 3 e 6%) deste resíduo na ensilagem de sorgo, e o comportamento de exposição aeróbia da mesma, considerando a composição químico-bromatológica tanto da pré-ensilagem, quanto da massa ensilada, o pH, a acidez titulável, o nitrogênio amoniacal (N-NH₃), a estabilidade aeróbia, a recuperação da matéria seca (RecMS) e da matéria orgânica (RecMO), o fracionamento de carboidratos e a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (DIVPB).

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Produção e características do sorgo

O sorgo teve sua origem na África, embora existam evidências de que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia. É uma planta da família *Poaceae* do gênero *Sorghum* e da espécie *Sorghum bicolor* L. Moench. Foi introduzido no Brasil no século XX e apresentava como principais Estados produtores Goiás e Minas Gerais. Por ser uma espécie de origem tropical exigente em clima quente, a planta de sorgo não suporta baixas temperaturas e, por isso, no Brasil, o sorgo é cultivado em regiões com temperaturas médias superiores a 20°C (Barbosa, 2007).

Segundo a FAO (2012), o sorgo é considerado o quinto cereal mais produzido no mundo, depois do milho, trigo, arroz e cevada, obtendo produção mundial em 2011 de 60,2 milhões de toneladas de grãos, em área de 44,4 milhões de hectares. Na safra 2012/2013, a estimativa da área plantada de sorgo no Brasil foi de 786,9 mil hectares com rendimento médio de produção de 2,84 toneladas de grãos, apresentando aumento de 0,7% em relação à safra anterior (CONAB, 2013a). Na estimativa na safra de 2013/2014, segundo levantamento feito em maio de 2014 (CONAB, 2014), em Goiás, o plantio de sorgo foi de 286,3 mil ha, produtividade de 3.231 kg/ha e produção de 925 mil toneladas de grãos. O Estado de Goiás lidera a produção nacional com 909,7 mil toneladas de grãos, apesar de ter apresentado redução de quase 9% em relação à última safra, em segundo lugar vem o Estado do Mato Grosso com produção de 491,2 mil toneladas, seguido por Minas Gerais com 450,9 mil toneladas (CONAB, 2013b).

A cultura do sorgo tornou-se de grande interesse para o produtor como segunda fonte de renda (safrinha ou segunda safra), por utilizar a mesma estrutura de cultivo empregada para o cultivo da soja, pela elevação do preço das sementes de milho em função do surgimento da transgenia e pelo avanço dos programas de melhoramento de sorgo para aumento de produtividade (Barbosa, 2007).

O sorgo é classificado em três tipos: forrageiro, sacarino e vassoura (Ribas, 2008).

1. Sorgo Forrageiro: produz massa e grãos, sendo considerado duas variedades para a produção de silagem:

a) Sorgo Granífero - apresenta maior proporção de grãos e, geralmente, são de porte inferior aos sorgos forrageiros. Produzem silagens com excelente valor nutritivo em razão da alta presença de grãos, porém a produção de massa verde é baixa (cerca de 30 t/ha);

b) Sorgo Duplo Propósito - produz silagem com valor nutritivo semelhante à silagem de milho em razão da elevada produção de grãos. A produção de matéria verde é em média de 50 t/ha no primeiro corte e a produção da rebrota pode atingir até 50% da produção obtida no primeiro corte.

2. Sorgo Sacarino: tipo de sorgo com porte alto, superior a dois metros, caracterizado, principalmente, por apresentar colmo doce e succulento como o de cana-de-açúcar. A panícula é aberta e produz poucos grãos (sementes). Na região Centro-Oeste é utilizado como sorgo forrageiro é usado na forma de silagem ou para o corte (uso verde). Há também a possibilidade de uso como matéria prima para produção de bioenergia (etanol).

3. Sorgo Vassoura: sorgo que apresenta como característica principal, a panícula na forma de vassoura. Tem importância regionalizada, principalmente no Sul do Brasil e no interior de São Paulo, onde é usado na fabricação de vassouras e para produção de artesanatos.

Alguns pontos são considerados relevantes no processo produtivo para qualquer espécie forrageira como o manejo cultural, local de plantio, preparo, correção e fertilização do solo, qualidade da semente, época e profundidade de semeadura, regulagem da semeadora, espaçamento de plantio, densidade de plantas por unidade área, controle de pragas, doenças e plantas daninhas e época de colheita. Todos esses aspectos têm influência direta no desenvolvimento da cultura, e conseqüentemente, no potencial produtivo da espécie forrageira.

1.2.2 Utilização do sorgo para a produção de silagem

Em termos nutricionais e agrônômicos o sorgo é, constantemente, comparado ao milho, mas quanto às exigências e produção, o sorgo é descrito como alternativa para a produção de silagem, devido a alta tolerância ao estresse hídrico e a capacidade de recuperar-se e produzir grãos após um período de estiagem, produzindo mais matéria seca em áreas de solo menos férteis (Macedo et al., 2012).

A conservação de forragem na forma de silagem é prática comum de suplementação volumosa para ruminantes em todo o mundo. Por ser o método mais adequado para a conservação dos alimentos volumosos e, quando bem feita, manter as características nutricionais da planta, com perdas mínimas em quantidade e qualidade, podendo ser utilizada como suplemento nos períodos de baixo crescimento das forrageiras nas pastagens, inclusive como principal alimento volumoso (Lima, 2008).

O processo da ensilagem de forragens baseia-se na fermentação láctica resultante do ambiente anaeróbio por meio de bactérias lácticas metabolizadoras de açúcares, que podem produzir também outros ácidos orgânicos (Driehuis et al., 1999).

Woolford (1990) descreveu de forma sucinta o processo que ocorre no interior do silo. Com o estabelecimento e a manutenção da anaerobiose e consequente queda do pH decorrente da formação de ácidos provenientes da fermentação microbiana, tem-se a preservação da forragem estocada. Os micro-organismos deterioradores da silagem são inibidos pelo efeito sinérgico dos ácidos produzidos durante a fermentação, pela pressão osmótica elevada determinada pela concentração de matéria seca da massa e, pela ausência de oxigênio.

Um importante fator no estabelecimento da anaerobiose no interior do silo é a compactação da forrageira. O menor tamanho da partícula na confecção de silagens facilita o processo de ensilagem, uma vez que permite maior densidade de transporte do material colhido até o local de armazenamento, facilita o processo de compactação e permite melhor fermentação anaeróbia, preservando o valor nutritivo da massa ensilada e minimizando perdas (Neumann et al., 2005). Segundo Balsalobre et al. (2001), o uso de partículas pequenas define menores custos de produção e promove menores perdas físicas durante a retirada e distribuição da silagem no cocho.

Elferink et al. (2013) concordaram que a deterioração aeróbia ocorre em quase todas as silagens que são expostas ao oxigênio, no entanto, a taxa de deterioração é dependente do número e atividade dos micro-organismos deterioradores da silagem. As perdas com a deterioração podem chegar a 100% do material ensilado.

Dessa forma, o sorgo constitui alternativa para a produção de silagem, pois é uma cultura que não compete com produtos destinados ao consumo humano e é

adaptado ao processo de ensilagem, em virtude de suas características fenotípicas que determinam facilidade de semeadura, manejo, colheita e armazenamento, aliadas ao seu alto valor nutritivo.

Em sistemas de criação bovina, de leite ou corte, a lucratividade depende da produção de volumosos com baixo custo e bom valor nutritivo, fundamental para ganho de peso no menor tempo possível, na produção de leite, no potencial reprodutivo e na saúde do rebanho. O sorgo pode ser usado para produzir silagem mais barata e de valor nutritivo próximo à do milho, uma vez que a produtividade é maior que a do milho (Wanderley et al., 2002). Há cultivares de alta produção, como por exemplo, o sorgo forrageiro BRS-610 amplamente utilizado em pesquisas, que pode produzir até 100 t/ha de massa verde em dois cortes, apresenta boas características fermentativas, caracterizando volumoso com adequada concentração de carboidratos solúveis, essenciais para a fermentação láctica (Faria Junior et al., 2009).

A cultura do sorgo para silagem apresenta bom valor energético e níveis de proteína bruta, em torno de 6%, adaptação às variadas condições de clima, menor exigência quanto ao tipo e fertilidade do solo, é tolerante ao déficit hídrico, permitindo plantio tanto no início quanto no final do período chuvoso, em plantio tradicional ou direto e rebrota com produtividade com até 60% da matéria seca do primeiro corte (Zago, 1991). Nesse sentido deve-se buscar aquela que mais se adapta à região e tenha maior produção de massa (Wanderley et al., 2002).

Algumas variedades ou híbridos, como por exemplo, o CMSXS 756 e o 1F 305 (sorgos de duplo propósito produzidos pela EMBRAPA), AG-2002 e AGX-213 (híbridos forrageiros produzidos pela Agrocere), apresentam porte alto, atingindo ponto de ensilagem cerca de 120 dias após o plantio de verão, estendendo-se em até 30 dias nos plantios tardios com colheita no inverno. Cultivares precoces como o BR 303 (sorgo granífero produzido pela EMBRAPA) e o AG-2005 (sorgo duplo propósito produzidos pela Agrocere), são de porte mais baixo, resistindo melhor ao tombamento e oferecem melhor relação panícula/colmo e o ponto de ensilagem pode ser antecipado em 20 dias em relação às cultivares normais.

Quanto aos aspectos bromatológicos, Nussio (1990) afirmou que o material ensilado tenha de 30 a 35% de MS para a produção de silagem, uma vez que esse teor é determinante no processo de ensilagem. Em materiais com teores de MS superiores a 38%, as perdas no campo são aumentadas em consequência da perda

de folhas senescentes e de grãos, em função da fragilidade da ligação dos mesmos na panícula. Além do teor de MS e das frações fibrosas, também devem ser considerados relevantes os aspectos nutricionais da forragem que refletem na qualidade da silagem produzida.

1.2.3 Utilização do resíduo de soja no processo de ensilagem

No Brasil, são produzidos milhões de toneladas de resíduos pelas diferentes atividades agrícolas que podem ser aproveitados na alimentação dos ruminantes dependendo da disponibilidade. O farelo e a casca da soja, polpa cítrica, casca e raspa de mandioca, farelo de girassol, são alguns resíduos agroindustriais comumente utilizados em processos de ensilagem.

Em estimativa realizada no mês de abril de 2014, a CONAB apontou para a safra brasileira de soja, produção de 86 mil toneladas de grãos, representando aumento de 5,6% em relação à safra 2012/13, sendo que a maior área plantada, 14 mil hectares, ocorreu na Região Centro-Oeste que apresentou neste ano, aumento de 8,6% sobre a safra anterior (CONAB, 2014).

Desta maneira, o resíduo da colheita da soja pode ser alternativa interessante para o pecuarista da Região Centro-Oeste, uma vez que se trata do resíduo da agroindústria com grande excedente, de baixo custo e de fácil obtenção, produzido entre os meses de janeiro e abril, época de ensilagem de forrageiras para uso animal nos meses secos.

Freitas et al. (2006) afirmaram que o resíduo da colheita da soja é alternativa interessante para adição do volumoso em processos de ensilagem, por ser composto de vagens, hastes, folhas e grãos pequenos e quebrados (aproximadamente 50%), o que lhe confere elevado valor nutritivo. Esses mesmos autores ao avaliarem o efeito da adição do resíduo de colheita da soja sobre as características fermentativas e a qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar, concluíram que esta associação melhora a qualidade da silagem, promovendo menores perdas de MS e redução na DIVMS da forragem.

Pereira et al. (2000) ao determinarem a degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) produzidas com a adição de resíduos do

beneficiamento da soja e do milho, descreveram que, pelo fato do capim-elefante ser fornecido ao animal no ponto de planta jovem, nesta fase, seu teor de MS é baixo sendo desaconselhável sua ensilagem, pois poderia resultar em silagem de qualidade indesejável. Uma das alternativas sugerida pelos autores para melhorar a qualidade da silagem desse capim, foi a inclusão de aditivos com elevado teor de matéria seca como, por exemplo, os resíduos do beneficiamento da soja e do milho.

1.2.4 Processo fermentativo e perdas da silagem

Após a ensilagem, contínuos processos químicos ocorrem por 3 a 5 semanas. Durante a ensilagem, as células da forrageira continuam com o processo de respiração aeróbica, consumindo o oxigênio restante na massa compactada, liberando gás carbônico e diminuindo a concentração de bactérias aeróbias. Neste estágio, carboidratos celulares ligam-se com o oxigênio atmosférico inserido no silo, liberando, além do gás carbônico, água e calor, ocasionando elevação da temperatura da massa e redução de pH (Neumann, 2006).

O processo fermentativo desejável no silo baseia-se na ação de bactérias específicas, especialmente dos gêneros *Lactobacillus*, *Pediococcus* e *Streptococcus* que transformam os açúcares hidrossolúveis da planta (frutose, glicose, sacarose e frutanas) em ácido lático. Quanto mais rápida e eficiente a produção de ácido lático, ácido forte e não volátil, menores serão as perdas no processo. Pode ocorrer o surgimento de outras fermentações bacterianas ou fúngicas, as quais produzem ácidos mais fracos (acético e butírico) ou alcoóis e butileno-glicol, ou ainda, degradar o ácido lático já produzido e as proteínas, resultando em perdas consideráveis de até 50% da massa ensilada (Bernardes et al., 2007).

As perdas fermentativas são promovidas pela atuação de micro-organismos do gênero *Clostridium* (Bolsen et al., 2000) que produzem ácido butírico, água e dióxido de carbono, e geram perdas de 50 e 18% de MS e energia, respectivamente (McDonald et al., 1991). Este tipo de fermentação clostrídica pode ainda resultar em subprodutos da degradação das proteínas, como as aminas, que estão relacionadas com a redução no consumo voluntário das silagens.

O volume do efluente produzido no silo é influenciado, principalmente pelo conteúdo de matéria seca da espécie forrageira ensilada e pela densidade de

compactação, além de outros, como o tipo de silo. A importância do teor de MS da forragem na quantidade de efluente foi demonstrada por Castle & Watson (1973), que relataram a inexistência da produção de efluente em silagens de alfafa, azevém e centeio quando os teores de matéria seca dessas silagens foram superiores a 23%.

Os processos de conservação de forragem convivem rotineiramente com perdas de nutrientes de diversas magnitudes e, eventualmente, essas perdas ocorrem ao longo do período de ensilagem, na forma de efluente e deve ser evitada (Elferink et al., 2013).

1.2.5 Parâmetros de qualidade da silagem

O termo qualidade da silagem é utilizado pra descrever até que ponto o processo fermentativo ocorreu de maneira desejável (Silveira et al., 1979). Silva & Queiroz (2002) consideraram que a silagem tem qualidade quando apresenta de 30 a 40% de MS; pH entre 3,8 e 4,5; ácido lático superior a 3% e ácido butírico inferior a 0,2% na matéria seca.

O pH indica se a fermentação dentro do silo foi adequada ou não (Fisher & Burns, 1987). Quando os valores de pH estão acima dos valores adequados de 3,8 a 4,5 há indicação de fermentação butírica (McDonald et al., 1991).

Com o aumento do ácido lático, produzido pelas bactérias lácticas que têm como principal substrato os carboidratos solúveis, tem-se a redução dos valores de pH, das concentrações de ácido butírico e de N-NH₃ (Langston et al., 1962).

O N-NH₃ como percentual do nitrogênio total quantifica o quanto em nitrogênio foi perdido na forma de amônia durante o desenvolvimento do processo fermentativo. Menores teores de nitrogênio dependerão das condições do material ensilado, assim como da realização das etapas da ensilagem (manejo agrícola, condições climáticas, escolha da semente, população vegetal, colheita da forragem) de maneira satisfatória. Grandes concentrações de N-NH₃ em silagens no final do processo fermentativo indicam conseqüente redução do valor nutritivo em decorrência da perda de nutrientes como proteína e energia e, ainda, o escurecimento da silagem (Jaster, 1995).

Além destes parâmetros comumente relacionados à qualidade da silagem, as características das espécies forrageiras no momento do corte e colheita, o manejo no processo de ensilagem como tempo de enchimento do silo, compactação e vedação, também devem ser considerados para obtenção de silagens com qualidade nutricional satisfatória.

1.2.6 Exposição aeróbia da silagem

A manutenção do ambiente anaeróbico durante a fase fermentativa e do armazenamento da silagem no silo, além da estabilidade aeróbia durante a fase de fornecimento da silagem no cocho, são fatores relevantes para a preservação do valor nutritivo da forragem ensilada (Gimenes et al., 2006).

A inevitável deterioração da silagem durante a exposição aeróbia pode resultar na perda de MS, o que geralmente ocorre pela interação de atividades fúngicas e bacterianas (Taylor et al., 2002). O pH tende a aumentar, ocorre acúmulo de amônia e o nível de ácidos orgânicos (lático e acético) tende a declinar (Kung Junior et al., 2003). Segundo Spoelstra et al. (1988) a deterioração aeróbia da silagem está relacionada com o aumento da temperatura e do pH, devido ao metabolismo dos açúcares e ácidos orgânicos causado também por leveduras, reduzindo a qualidade do material ensilado.

Ashbell et al. (2002) consideraram que os cuidados com a estabilidade aeróbia devem ser considerados no período de verão, devido a ação da temperatura ambiente sobre a estabilidade do material. Maior intensidade de deterioração acontece em temperatura ambiente de 30°C, que favorece a proliferação de fungos, maior produção de CO₂ e maior aumento do pH.

O fornecimento de silagem deteriorada pode resultar em redução da ingestão e do desempenho animal (Hoffman e Ocker, 1997), além da intoxicação dos animais em função da ingestão das micotoxinas produzidas por fungos. Neste contexto, é imprescindível avaliar a estabilidade aeróbia da silagem, definida como o número de horas que a silagem permanece estável antes de subir mais de 2°C acima da temperatura ambiente (Moran et al., 1996).

1.2.7 Utilização de termômetros de mercúrio e digital no ensaio de exposição aeróbia

Durante a abertura do silo, o ambiente anaeróbio, um dos responsáveis pela conservação da forragem, passa a ser aeróbio. Com isto, os micro-organismos aeróbios multiplicam-se rapidamente, promovendo intensa atividade metabólica, gerando calor e consumindo nutrientes da silagem (Pahlow et al., 2003). O aumento de temperatura após a abertura do silo é reflexo da intensidade das reações promovidas, principalmente, por fungos filamentosos, leveduras e bactérias aeróbias.

Alguns autores descrevem a estabilidade aeróbia a partir da elevação da temperatura, alterações no valor nutritivo ou até mesmo por contagem total de leveduras, fungos filamentosos e enterobactérias.

Para avaliação da temperatura de silagens durante ensaios de exposição aeróbia, utiliza-se geralmente, o termômetro de mercúrio inserido a 10 cm no centro da massa de forragem conforme proposto por Kung Junior et al. (2003) e Bernardes et al. (2007), e além da temperatura da silagem, utiliza-se o termômetro digital para aferição da temperatura ambiente desses ensaios.

1.2.8 Digestibilidade *in vitro* da silagem

O que diferencia um ruminante das demais espécies é a relação simbiótica direta com os micro-organismos ruminais que suprem o mesmo com ácidos provenientes do processo fermentativo e de proteína microbiana, e ainda, podem utilizar formas de nitrogênio não proteico (NNP) para a síntese de proteínas que serão digeridas e metabolizadas pelo animal (Kozloski, 2002).

A extensão e a taxa da digestão microbiana dos carboidratos no rúmen determinam o valor nutritivo da forragem para o ruminante, não apenas sob o aspecto energético, mas também proteico (Silva & Queiroz, 2002).

Ao longo do processo evolutivo dos sistemas biológicos terrestres, as bactérias anaeróbias foram selecionadas em função da presença de mecanismos eficientes de conservação da energia liberada pela fermentação, de modo que,

muitas vezes, as taxas de crescimento destas células são semelhantes às bactérias aeróbias (Kozloski, 2002).

Além das bactérias, protozoários ciliados e fungos fazem parte da microbiota ruminal. Para Kozloski (2002) todos os ciliados ingerem bactérias como sua principal fonte de aminoácidos e de ácidos nucleicos, sendo que o engolfamento é mais intenso em dietas ricas em grãos. Em dietas a base de forragem, as bactérias buscam sítios de aderência nas partículas e dificultam o engolfamento pelos protozoários.

Os fungos ruminais são anaeróbios e colonizam as fibras presentes no rúmen, principalmente nas regiões mais lignificadas das fibras, como o esclerênquima e, comparado às bactérias, sua atividade fibrolítica é mais intensa. Estes são capazes de penetrar através da cutícula das lâminas foliares das poaceas e solubilizar a lignina, não tendo as bactérias, a mesma eficiência. Os principais produtos da fermentação fúngica ruminal são o acetato, o lactato, o succinato, o CO₂ e o H₂ (Kozloski, 2002).

A nutrição animal precisa ser fundamentada em mecanismos que determinam a resposta dos animais aos nutrientes, lidando com aspectos quantitativos da digestão e do metabolismo do ruminante (Mertens, 2005). Ao entender a fisiologia ruminal, estudos da concentração e digestibilidade dos componentes dos alimentos são essenciais para adotar práticas de alimentação eficazes e é consenso que, para a descrição quantitativa apropriada dos processos digestivos e metabólicos, são necessários dados biológicos que podem ser obtidos usando técnicas *in vitro* (Mould et al., 2005).

Os sistemas *in vitro*, devem ser capazes de representar o processo de digestão que ocorre no rúmen, abomaso ou intestino para estimar quantitativamente a taxa e o grau de digestão similarmente aos obtidos *in vivo* (Berchielli et al., 2006). Estes sistemas podem ser usados para estudar processos individuais, fornecendo informações sobre sua natureza e sensibilidade a vários fatores (López, 2005). A capacidade de controlar mais precisamente o ambiente *in vitro* tem levado ao desenvolvimento de técnicas alternativas, aumentando substancialmente a capacidade de pesquisa e o conhecimento da microbiologia do rúmen e dos processos bioquímicos envolvidos na fermentação ruminal.

A digestibilidade *in vitro* do alimento se refere à proporção de um componente nutricional que foi absorvido pelo organismo animal. A técnica tem sido usada para

os estudos dos tipos de micro-organismos predominantes em função do substrato e dos aditivos usados na alimentação, da digestibilidade de forrageiras e, ainda, para estimativa do consumo da forragem. A técnica de fermentação *in vitro* não se destina a considerar a composição química da forragem mas, principalmente, a estimar sua digestibilidade (Silva & Queiroz, 2002).

A digestibilidade *in vitro* é medida por gravimetria de desaparecimento do substrato quando o alimento é incubado na presença de conteúdo ruminal diluído em solução tampão, sendo que um período de incubação de 48 horas tem sido sugerido para as técnicas gravimétricas como o tempo total ideal para melhor precisão das estimativas de digestibilidade (López, 2005).

O primeiro relato do uso destas técnicas foi em 1919, mas o progresso chave nesta metodologia ocorreu quando soluções tampão, como a saliva artificial proposta por McDougall (1948), capazes de manter o pH adequado passaram a ser usadas, permitindo incubações *in vitro* durante longo tempo (López, 2005). Inicialmente, muitos sistemas *in vitro* para medir a digestibilidade eram constituídos apenas de um estágio de digestão no líquido ruminal (Baumgardt et al., 1962).

1.2.9 Fracionamento de carboidratos

O Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) foi criado na Universidade de Cornell, Ithaca, Nova York, Estados Unidos, por pesquisadores do Departamento de Zootecnia e foi apresentado na Versão 1.0 de 1991 em seguida da Versão 2.0 de 1993, Versão 3.0 de 1994, Versão 4.0 de 2000, Versão 5.0 de 2003, Versão 6.0 de 2007 e Versão 6.1 de 2008 (Silva & Silva, 2013).

O CNCPS é um modelo matemático, transformado em programa de computador, que estima exigências para bovinos, simula o desempenho e permite uma avaliação detalhada das dietas formuladas. Está baseado em estimativas empíricas das taxas de passagem e degradação de carboidratos e proteínas para prever a extensão da fermentação ruminal, crescimento microbiano e absorção da energia e proteína metabolizáveis ao longo do trato digestivo (Fox et al., 2004). Fracionar os carboidratos é importante em função da peculiaridade na fermentação de cada fração e sua interferência no consumo, manutenção das condições normais do rúmen, produção e teor de gordura do leite (Sniffen et al., 1992).

Silva & Silva (2013) relataram que nesse sistema é possível simular os efeitos de ingestão do alimento, fermentação ruminal, digestão intestinal, absorção e metabolismo sobre a utilização do nutriente e o desempenho animal. Trata-se de um modelo baseado em teorias ou princípios biológicos, químicos e físicos conhecidos, com o objetivo de melhorar os modelos de predição da resposta animal, bem como otimizar o uso de recursos disponíveis nas propriedades e reduzir o impacto ao meio ambiente, tais como excesso de nutrientes no solo e sobre a qualidade da água.

Neste experimento, as frações de carboidratos foram calculadas de acordo com Sniffen et al. (1992). De acordo com o sistema CNCPS v.5.0, os carboidratos totais são classificados em quatro frações, de acordo com suas taxas de degradação no rúmen:

Fração A: açúcares solúveis prontamente degradados e que apresentam taxa de digestão de 250 a 500%/h;

Fração B1: são os carboidratos não fibrosos (CNF) - amido e pectina, com fermentação intermediária de 30 a 70%/h;

Fração B2: fibra potencialmente digestível. São os carboidratos fibrosos, celulose e hemicelulose, com lenta taxa de degradação (3 a 20%/h);

Fração C: parte indigerível, indisponível dos componentes fibrosos presentes na parede celular, composta principalmente pela lignina (NRC, 1996).

Os CNF (açúcares, amido e pectinas) são calculados a partir da fórmula:

$$100 - (PB + FDN_{cp} + EE + MM),$$

onde:

PB: proteína bruta;

FDN_{cp}: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína;

EE: extrato etéreo;

MM: matéria mineral.

Para Van Soest et al. (1991), o tipo e a quantidade dos carboidratos fibrosos (CF) e CNF afetam a fermentação e a eficiência microbiana, considerando mais uma vez, a importância do fracionamento dos carboidratos.

A última Versão 6.1 do CNCPS tem como diferença a subdivisão da fração A em quatro, para separar as frações que contribuem para o crescimento microbiano (A2 e A4), daquelas que não contribuem (A1 e A3). Apesar de ser importante, do

ponto de vista científico, esta subdivisão acrescenta ainda mais complexidade ao modelo. No caso da fração B, foi subdividida para separar o amido da pectina, pois eles têm padrões de fermentação diferentes e a fibra em detergente neutro (FDN) disponível passa a ser a fração B3.

Fração A1: ácidos acetato, propiônico e butírico;

Fração A2: ácido láctico;

Fração A3: outros ácidos orgânicos como fumarato, malato;

Fração A4: açúcares;

Fração B1: amido;

Fração B2: pectina e beta-glucanas;

Fração B3: FDN disponível;

Fração C: FDN indisponível.

1.3 REFERÊNCIAS

- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G.; HEN, Y. et al. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. **Journal Industrial Microbiology and Biotechnology**, v.28, p.261-263, 2002.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2001. 890-911p.
- BARBOSA, C.A. **Manual da cultura de cana e sorgo**. Viçosa: UFV, 2007. 155p.
- BAUMGARDT, B.R.; TAYLOR, M.W.; CASON, J.L. Evaluation of forages in the laboratory. Simplified artificial rumen procedure for obtaining repeatable estimates of forage nutritive value. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 45, n.1, p.62-68, 1962.
- BERCHIELLI, T.T.; GARCIA, A.V. OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V. OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; et al. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.754-762, 2007.
- BOLSEN, K.K.; HUCK, G.L.; SIEFERS, M.K. et al. Silage management: five key factors. Manhattan: Kansas State University, 2000, 10p.
- CASTLE, M.E.; WATSON, J.N. The relationship between the DM content of herbage for silage making and effluent production. **Journal of the British Grassland Society**, v.28, p.135-138, 1973.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2012/2013 - quarto levantamento. Brasília: CONAB, 2013a. 29p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_44_20_boletim_graos_janeiro_2013.pdf. Acesso em: 25 mai. 2013.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Conjuntura mensal: sorgo – período junho de 2013. Brasília: CONAB, 2013b. 7p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_03_11_17_34_sorgo_junho2013.pdf. Acesso em: 02 ago. 2013.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Oitavo levantamento de grãos – safra 2013/2014, publicado em maio de 2014. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_08_10_11_00_boletim_graos_mai_2014.pdf. Acesso em: 01 maio 2014.

- DIAS, A.M.A.; BATISTA, A.M.V.; FERREIRA, M.A.; et al. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6S, p.2086-2092, 2001.
- DRIEHIUS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; 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**, v.87, p.583-594, 1999.
- ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C.; et al. **Silage fermentation processes and their manipulation. Paper 2.0. FAO Corporate Document Repository.** Agriculture and Consumer Protection. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/005/x8486e/x8486e09.htm>. Acesso em: agosto de 2013.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Coarse grains**, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e04.htm>. Acesso em: 02 ago. 2013.
- FARIA JUNIOR, W.G.; GONÇALVES, L.C.; PIRES, D.A.A.; et al. Silagem de sorgo para gado de leite. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: Ed. FEPMVZ, 2009, p.43-64. Cap, 4.
- FISHER, D.S.; BURNS, J.C. Quality analysis of summer-annual forages. Effects of forage carbohydrate constituents on silage fermentation. **Agronomy Journal**, v.79, p.242-248. 1987.
- FOX, D.G.; TEDECHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; RUSSEL, J.B.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science**. Technol. 112:29-78. 2004.
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; et al. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.38-47, 2006.
- GIMENES, A.L.G.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B.; et al. Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v.28, n.2, p.153-158, 2006.
- HOFFMAN, P.C.; OCKER, S.M. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. **Journal of Dairy Science**. 1997; 80: 234 (Abstr).

- JASTER, E. H. Legume and grass silage preservation. In: POST-HARVEST PHYSIOLOGY AND PRESERVATION OF FORAGES, 1992, Minneapolis. **Proceedings...** Madison: Crop Science Society of America, 1995. p.91-115.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Ed. UFSM, Universidade Federal de Santa Maria. 2002. 140p.
- KUNG JUNIOR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) Silage science and technology. Madison: **American Society of Agronomy**, 2003. p.305-360.
- LANGSTON, C.W.; WISEMAN, H.G.; GORDON, C.H. et al. Chemical and bacteriological changes in grass silage during early stages of fermentation. **Journal of Dairy Science**, v.45, n.3. p.396-402. 1962.
- LIMA, J.A. **Silagem de sorgo**. Instituto de Zootecnia, Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Local: São Paulo, 2008. 8p.
- LÓPEZ, S. *In vitro* and *in situ* techniques for estimating digestibility. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Ed.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2.ed. Cambridge: CABI Publishing, 2005. p. 87-121.
- MACEDO, C.H.O.; ANDRADE, A.P.; SANTOS, E.M.; et al. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.371-382, 2012.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. The **biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- McDOUGALL, E.I. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemistry Journal**, Nashville, v.43, n.1, p.99-109, 1948.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Ed.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2 ed. Cambridge: CABI Publishing, 2005. p.13-48.
- MORAN, J.P.Z.G.; WEINBERG, G.; ASHBELL, Y.; et al. **A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage**. University of Newcastle Upon Tyne, UK: Tyne and Wear 1996, 162p.
- MOULD, F.L.; KLIEM, K.E.; MORGAN, R.; et al. *In vitro* microbial inoculum: a review of its function and properties. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.123/124, n.1, p.31-50, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrients requirements of beef cattle. 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 244p.

- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; NÖRNBERG, J.L.; MELLO, R.O.; SOUZA, A.N.M.; PELLEGRINI, L.G. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.224-242, 2005.
- NEUMANN, M. **Efeito do tamanho de partícula de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre perdas, valor nutritivo de silagens e desempenho de novilhos confinados**. 203f. 2006. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- NUSSIO, L.J. Milho e sorgo na produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS VOLUMOSOS PARA BOVINOS, 7. 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 89-205, 1990.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) Silage science and technology. Madison: **American Society of Agronomy**, 2003. p.31-94.
- PEREIRA, E.S.; PAIVA, P.C.A.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; et al. Degradação da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de silagens de capim-elefante adicionadas de resíduos do beneficiamento do milho e da soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2354-2358, 2000.
- RIBAS, P.M. Sistema de produção. 4.ed.(Versão eletrônica). Local: Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo. Sem paginação. (Boletim técnico). 2008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, S.P.; SILVA, M.M.C. Fracionamento de carboidratos e proteína segundo o sistema CNCPS. **Vet Notícias**, Uberlândia, v.19. n.2, p. 95-108, 2013.
- SILVEIRA, A. C.; LAVEZZO, W.; TOSI, H. et al. Avaliação química de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) submetidas a diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.8, p.287-300, 1979.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SPOELSTRA, S.F.; COURTIN, M.G.; VAN BEERS, J.A.C. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.111, p.127-132, 1988.
- TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.85, p.1793-1800, 2002.

- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VILELA, H.H.; REZENDE, A.V.; VIEIRA, P.F.; et al. Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1192-1199, 2008.
- ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4. 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1991. p.169-217.
- WANDERLEY, W.L.; FERREIRA, M.A.; ANDRADE, D.K.B.; et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.
- WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v.68, p. 101-116, 1990.

CAPÍTULO 2 - VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE SORGO COM NÍVEIS DE RESÍDUO DA COLHEITA DA SOJA

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar a composição dos nutrientes da silagem de sorgo com resíduo da colheita de soja em três níveis de substituição (0, 3 e 6%). Foram utilizados 18 minissilos (seis por tratamento) com capacidade de 10 L, contendo 1 kg de areia fina seca no fundo, separada da massa ensilada por tecido de algodão, providos de tampa com válvula tipo *Bunsen*. Após a abertura (50 dias) dos minissilos analisou-se os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), proteína insolúvel em detergente neutro em relação a proteína (PIDN/PB), proteína insolúvel em detergente ácido em relação a proteína (PIDA/PB), lignina (LIG), hemicelulose (Hcel), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), pH, acidez titulável, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), produção de gás (PG), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da matéria orgânica (DIVMO) e da proteína bruta (DIVBB) e fracionamento de carboidratos (frações A, B1, B2 e C). Foi utilizado o programa SAS versão 9.3 (2010) a 5% de probabilidade para todas as análises de dados. Para o efeito da substituição do resíduo da colheita da soja nas características de composição da silagem foi considerado o delineamento inteiramente casualizado na análise de variância e para a comparação dos níveis de substituição do resíduo foi utilizado contraste ortogonal. Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os níveis do resíduo da colheita de soja na silagem de sorgo para os teores de MS, MO, EE, Hcel, FDNcp, LIG, PIDA/PB, para as frações A, B2 e C, para a produção de nutrientes (kg MS/m³) da MS, MO, PB, FDNcp, Hcel, CHO e CNF, para o N-NH₃, pH e acidez titulável e para a DIVPB. Os teores de PB, PIDN/PB, CHO, CNF, PG, DIVMS e DIVMO demonstraram efeito linear com o resíduo da colheita da soja, sendo que as variáveis PB e PG aumentaram com esta substituição. Os teores de amido e da fração B2 tiveram efeito quadrático. A substituição do resíduo da colheita da soja na silagem de sorgo até 6% não alterou os parâmetros de qualidade das silagens, sendo considerado viável o uso do resíduo para a nutrição animal e ainda, podendo ainda reduzir o custo na produção da silagem e o impacto ambiental gerado pelo acúmulo do resíduo no meio ambiente.

Palavras-chave: aditivo, co-produto, ensilagem, estacionalidade, forrageira, produção de gás

NUTRITIVE VALUE OF SILAGE SORGHUM RESIDUE LEVELS OF SOYBEAN HARVEST

ABSTRACT: The objective of this study was evaluate the nutrient composition of sorghum silage with soybean crop residue into three addition levels (0, 3 and 6%). Minissilos 18 (six per treatment) were used with a capacity of 10 L, containing 1 kg of dry fine sand at the bottom, separated from the silage mass of cotton, fitted cap with type Bunsen valves. After opening (50 days) of minissilos, analyzed the contents of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), neutral detergent insoluble protein to crude protein (NDIP/CP), acid detergent insoluble protein in relation to crude protein (ADIP/CP), lignin (LIG), hemicellulose (Hcel), total carbohydrates, non-fibrous carbohydrates, pH, titratable acidity, ammonia nitrogen, gas production (GP), *in vitro* digestibilities of dry matter (IVDDM), organic matter (IVDOM) and crude protein (IVDCP), and fractionation of carbohydrates (fractions A, B1, B2 and C). The program SAS version 9.3 (2010) with 5% probability for all data analysis was used. For the effect of the addition of soybean residue on the compositional characteristics of the silage was considering completely randomized design in analysis of variance, and to compare the levels of addition of the residue was used orthogonal contrast. There was no significant difference ($P>0,05$) between the levels of addition of crop residue on soybean sorghum silage for DM, OM, EE, Hcel, NDFap, LIG, ADIP/CP, fractions A, B2 and C, produce nutrients (kg MS/m^3) of DM, OM, CP, NDF, Hcel, total carbohydrates and non-fibrous carbohydrates, ammonia nitrogen, pH and titratable acidity and the DIVCP. The levels of CP, NDIP/CP, total carbohydrates, non-fibrous carbohydrates, GP, IVDDM and IVDOM showed linear effect with the addition of the soybean crop residue, and the CP and GP increased with this addition. The starch and B2 fraction showed a quadratic effect. By adding the residue at soybean harvest sorghum silage up to 6% did not change the parameters of this silage nutritional quality, and it is considered viable for the animal nutrition and, with its use can reduce the cost of silage production and the environmental impact generated by the accumulation of the environment.

Keywords: additive, co-product, ensilage, forage, gas production, seasonality

2.1 INTRODUÇÃO

Silagem é o resultado da fermentação anaeróbia de determinado alimento durante o armazenamento dentro de silos, e seu processo envolve a acidificação da massa ensilada em função dos produtos da fermentação como os ácidos orgânicos, principalmente o ácido lático.

A ensilagem tem sido utilizada como estratégia de reserva forrageira para os períodos críticos ou para uso contínuo na alimentação animal em virtude da estacionalidade de forragens. Porém, devido ao alto custo de implantação de lavouras anuais como milho e de outras culturas de alto valor forrageiro como cana-de-açúcar, milheto, aveia e azevém, constata-se que o uso de silagem contribui significativamente no custo de produção de leite e de carne, com redução na margem de lucro.

Para minimizar os custos de produção e o acúmulo de resíduos agroindustriais no meio ambiente, e ainda, melhorar as características químicas da silagem, salienta-se, a possibilidade da utilização de resíduos como bagaços de cana-de-açúcar e laranja, casca de café, colheita da soja e do milho, ramas de mandioca, entre outros disponíveis em determinadas regiões do Brasil e que tem apresentado alto potencial para uso na alimentação animal,

Além dos custos, é necessário observar que o potencial de uma planta para ensilagem depende do teor original de umidade (próximo a 70%), do conteúdo de carboidratos solúveis (acima de 8% na MS) e do baixo poder tampão, que não deve oferecer resistência à redução do pH para a obtenção de valores entre 3,8 e 4,5 (McCullough, 1977).

Outro ponto a ser observado é a garantia do mínimo de perdas de MS e energia limitando para isto, as atividades proteolítica e clostrídica, e o crescimento de micro-organismos aeróbios no interior do silo.

Objetivou-se com este experimento avaliar a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em três níveis de substituição (0, 3 e 6%) do resíduo da colheita da soja, considerando a composição químico-bromatológica, o pH, o N-NH₃, a acidez titulável, a produção de gás e a digestibilidade *in vitro* desta silagem.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O resíduo da colheita da soja foi adquirido em uma empresa de processamento de soja em Goiás e o sorgo coletado numa Fazenda situada no município de Quirinópolis - GO (Tabela 2.1). Foram utilizadas sementes do híbrido de sorgo Silomax da Sementes Sempre[®], plantado em maio de 2013, com prévia amostragem do solo e adubação corretiva.

Tabela 2.1 Composição químico-bromatológica do resíduo da colheita de soja e da mistura com o sorgo na pré-ensilagem

Variáveis (%MS)	Resíduo da Colheita da Soja	Nível (%)		
		0	3	6
MS	92,39	36,98	38,65	40,31
MO	92,66	96,18	96,07	95,97
PB	8,02	5,82	5,88	5,95
EE	3,10	1,97	2,01	2,04
LIG	12,50	7,26	7,42	7,58
Hcel	12,26	21,91	21,62	21,33
PIDA/PB	10,05	18,21	17,97	17,72
FDNcp	67,85	64,39	64,50	64,60
PIDN/PB	30,29	49,05	48,49	47,93
Amido	0,54	11,39	11,06	10,74

MS: Matéria Seca; MO: Matéria Orgânica; PB: Proteína Bruta; EE: Extrato Etéreo; LIG: Lignina; Hcel: Hemicelulose; PIDA/PB: Proteína Insolúvel em Detergente Ácido em relação à Proteína Bruta; FDNcp: Fibra em Detergente Neutro corrigido para Cinza e Proteína.

O Município de Quirinópolis está localizado na região Sudoeste do Estado de Goiás. O clima da região é classificado segundo tipologia climática de Köppen (1928), em tropical quente sub-úmido do tipo Aw, com chuvas de verão (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro), cujas precipitações regionais variam em média de 1.500 a 1.750 mm/ano. A temperatura média anual possui pequena variação sazonal, apresentando média de 23,8°C concentrando os maiores valores no mês de outubro, com 24,5°C e os menores valores no mês de julho, com 20,8°C (Borges et al., 2010).

A colheita da planta inteira foi realizada na fase de maturação fisiológica do grão com aproximadamente 30% de MS mensurada no micro-ondas e processado em desintegradora. A planta inteira foi triturada com tamanho aproximado de 5 mm,

para ensilagem junto ao resíduo da colheita da soja nos níveis 0, 3 e 6% de substituição baseado na matéria natural.

O clima predominante em Jataí, Goiás, conforme a classificação de Köppen (1928) é o Awa (megatérmico, tropical chuvoso, com chuvas no verão e seca no inverno), apresentando média anual de 24,7°C, com média máxima anual de 36°C e mínima de 13,5°C. Caracteriza-se por apresentar estação seca de abril a setembro, com escassez de água no inverno e ocorrência ocasional de geadas. Possui precipitação pluviométrica média anual de 1.800 mm com chuvas concentradas nos meses de outubro a abril. O clima predominante da região é quente, semi-úmido e sazonal, com verão chuvoso e inverno seco.

Foram utilizados seis minissilos por tratamento avaliado, na forma de baldes plásticos de capacidade 10 L, contendo 1 kg de areia fina seca no fundo, separada da massa ensilada por um tecido de algodão com a finalidade de absorção dos efluentes. Estes baldes eram providos de tampas próprias para vedação adaptadas com válvula tipo *Bunsen* para o escape de gases produzidos durante o tempo de estocagem. Previamente à ensilagem, foram medidos os pesos de todos os componentes dos minissilos (baldes, tampas, areias e tecidos de algodão), e o peso dos baldes cheios e tampados. A mistura foi colocada em camadas dentro dos baldes e compactada com auxílio de bastão de madeira visando atingir densidade de 600 a 650 kg MV/m³. Após o enchimento, os minissilos foram vedados com fita adesiva para o impedimento da entrada de ar e armazenados em temperatura ambiente durante 50 dias após a ensilagem no Laboratório de Nutrição Animal (UFG/Regional Jataí).

No momento da ensilagem o material foi homogeneizado manualmente e subamostrado para pré-secagem em estufa de ventilação forçada mantida na temperatura de 55 a 60°C, por 72 horas. As amostras pré-secas foram moídas em moinho de faca tipo *Willey*, com peneira de malha de 1 mm e armazenado para a determinação da composição químico-bromatológica. Nestas amostras foram analisadas os teores de MS, MO, PB e EE, de acordo com técnicas descritas por AOAC (1990); FDN_{cp}, FDA e H_{cel}, segundo recomendações de Van Soest et al. (1991), hidrólise enzimática do amido, segundo Campos et al. (2004); fracionamento de carboidratos, segundo *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPSv.5.0), descrita por Sniffen et al. (1992). As frações de carboidratos calculadas foram: A = açúcares solúveis, rapidamente fermentados; B1 = CNF

(amido e pectina), fermentação intermediária; B2 = CF (celulose e hemicelulose), taxa de degradação lenta; e C = LIG, fração indisponível, obtidas pelas equações:

$$A (\%CT) = [100 - \text{amido} (\%CNF)] \times [100 - B2 - C] / 100$$

$$B_1 (\%CT) = \text{amido} (\%CNF) \times [100 - B2 - C] / 100$$

$$B_2 (\%CT) = 100 \times [\text{FDNcp} (\%MS) - \text{PIDN} (\%PB) \times 0,01 \times \text{PB} (\%MS) - \text{FDNcp} (\%MS) \times 0,01 \times \text{LIG} (\text{FDN cp}) \times 2,4] / \text{CT} (\%MS)$$

$$C (\%CT) = 100 \times [\text{FDNcp} (\%MS) \times 0,01 \times \text{LIG} (\%FDNcp) \times 2,4] / \text{CT} (\%MS)$$

Já os CT foram obtidos por intermédio da equação:

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

O teor de CNF foi obtido pela diferença entre CT e FDNcp (Sniffen et al., 1992).

A abertura dos minissilos foi realizada 50 dias após a ensilagem. No momento de abertura os minissilos foram pesados cheios para a estimativa das perdas de MS total e por gases conforme a equação (Schimith, 2006):

$$PG = (PSI - PSF) / MSI \times 100,$$

sendo:

PG: perda por gases;

PSI: peso do minissilo no momento da ensilagem (kg MS);

PSF: peso do minissilo no momento da abertura (kg MS);

MSI: matéria seca ensilada (kg).

Após a retirada da silagem, foram mensuradas as taras do balde, da tampa, da areia úmida e do tecido de algodão, e separou-se duas amostras para análise da composição químico-bromatológica (mesmas análises e procedimentos descritos anteriormente para o material a ser ensilado), e para a determinação do pH, da acidez titulável e do N-NH₃.

Para o pH e a acidez titulável pesou-se 9 g da silagem de cada tratamento, adicionou-se 60 mL de água destilada, filtrou-se com auxílio de uma peneira e

realizou-se a leitura do pH após 30 minutos. A titulação foi feita com hidróxido de sódio (0,1 N; fator de correção: 0,095) até neutralização da amostra (Silva & Queiroz, 2002). Para a determinação do N-NH₃ coletou-se uma porção de silagem de cada tratamento e com o auxílio de tecido de algodão, filtrou-se 50 mL de suco em recipientes plásticos contendo 1 mL de solução de ácido sulfúrico (1:1) e armazenados em congelador para posterior determinação do N-NH₃ (Vieira, 1980).

A determinação da digestibilidade *in vitro* foi feita segundo Silva & Queiroz (2002) proposta por Tilley & Terry (1963). O líquido ruminal foi colhido de bovinos adultos da Fazenda Escola da UFG/Regional Jataí, alimentados a pasto e que não estavam em tratamento, via sonda oral acoplada a uma bomba a vácuo. Após a coleta, o líquido ruminal foi transferido (sob filtragem em tecido de algodão) para garrafa térmica previamente aquecida preservando a temperatura do líquido a 39°C.

Todas as análises de dados foram realizadas no programa SAS versão 9.3 SAS (2010) a 5% de probabilidade. Para avaliar o efeito da substituição do resíduo da colheita da soja nas características da composição da silagem foi considerado o delineamento inteiramente casualizado com seis repetições e a comparação dos níveis de substituição do resíduo da colheita da soja foi realizada por contraste ortogonal.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas avaliações das silagens, observou-se que não houve efeito ($P > 0,05$) na composição das mesmas quanto aos níveis do resíduo da colheita de soja para MS, MO, EE, Hcel, FDNcp, LIG e PIDA/PB, nas frações A, B1 e C, nas produções de MS, MO, PB, FDNcp, Hcel, LIG, CHO e CNF, nos parâmetros de qualidade da silagem N-NH₃, pH e acidez titulável, e na DIVPB (Tabela 2.2). A ausência de efeito pode ser explicada pela composição bromatológica do material ensilado e pela quantidade de inclusão nos diferentes tratamentos ter apresentado valores próximos (Tabela 2.1).

Tabela 2.2 Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos (CNCPS), produção de nutrientes, parâmetros de qualidade da silagem e digestibilidade *in vitro* da proteína bruta da silagem de sorgo em função dos níveis de substituição do resíduo da colheita da soja

Variáveis	Substituição do Resíduo da Soja (%)			Média ± Desvio Padrão	Valor P
	0	3	6		
Composição químico-bromatológica (%MS)					
MS	38,03	38,71	40,66	39,14 ± 3,33	0,3909
MO	95,64	95,89	95,89	95,80 ± 0,24	0,1551
EE	4,20	4,54	5,34	4,69 ± 0,91	0,1208
Hcel	16,81	16,42	15,24	16,16 ± 3,66	0,7470
FDNcp	51,32	53,06	53,85	52,74 ± 2,38	0,2043
LIG	7,17	7,26	8,06	7,50 ± 0,83	0,1604
PIDA/PB	23,75	25,35	25,93	25,01 ± 4,51	0,6929
Fracionamento de carboidratos CNCPS (%CHO)					
A	27,21	23,82	23,52	24,85 ± 3,18	0,1161
B2	38,07	39,31	39,03	38,80 ± 3,17	0,7807
C	20,64	20,56	23,39	21,53 ± 2,43	0,1053
Produção de nutrientes (kg MS/m ³)					
PMS	138,77	140,64	145,96	141,79 ± 12,07	0,5753
PMO	132,72	134,85	139,96	135,84 ± 11,50	0,5478
PPB	7,84	9,15	9,85	8,95 ± 1,35	0,0611
PFDNcp	71,13	74,5	78,62	74,75 ± 6,21	0,1473
PHCel	23,40	22,92	22,27	22,86 ± 5,33	0,9341
PLIG	9,90	10,23	11,75	10,63 ± 1,31	0,0611
PCHO	119,14	119,26	122,29	120,23 ± 10,20	0,8335
PCNF	48,0	44,75	43,67	45,48 ± 5,95	0,4431
Parâmetros de qualidade da silagem					
N-NH ₃ (mg/dL)	9,51	9,44	8,45	9,13 ± 2,78	0,7673
pH	3,76	3,85	3,82	3,81 ± 0,12	0,4584
Acidez titulável	12,88	12,11	11,90	12,30 ± 0,86	0,1493
Digestibilidade <i>in vitro</i> (%)					
DIVPB	95,7	95,98	95,55	95,74 ± 1,39	0,8684

Para as variáveis PB, PIDN/PB, Amido, B1, CHO, CNF, digestibilidade *in vitro* (%) e produção de gás (mm³/gMS/h), houve efeito ($P < 0,05$) quanto ao nível do resíduo da colheita da soja (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 Composição químico-bromatológica, digestibilidade *in vitro* da MS e MO e produção de gás da silagem de sorgo em função do nível de substituição do resíduo da colheita da soja

Variáveis	Substituição do Resíduo da Soja (%)			Efeito	
	0	3	6	Linear	Quadrático
Composição químico-bromatológica (%MS)					
PB	5,59	6,50	6,74	0,0035	0,2628
PIDN/PB	42,46	35,24	32,60	0,0161	0,4768
Amido	10,97	12,88	10,79	0,8094	0,0066
B1	14,06	16,30	14,05	0,9835	0,0053
CHO	85,84	84,84	83,79	0,0055	0,9642
CNF	34,51	31,77	29,93	0,0072	0,7276
Produção de gás (mm ³ /gMS/h)					
PG	75,50	101,62	129,22	<0,0001	0,8673
Digestibilidade <i>in vitro</i> (%)					
DIVMS	63,49	63,35	59,71	0,0216	0,1908
DIVMO	65,77	61,64	59,05	0,0018	0,6238

Houve efeito linear ($P < 0,05$) do nível do resíduo da colheita da soja para PB, PIDN/PB, CHO, CNF, PG, DIVMS e DIVMO. A substituição de 3 e 6% do resíduo elevou os valores de PB e PG em relação ao tratamento sem substituição do resíduo e os teores de PIDN, CHO, CNF, DIVMS e DIVMO reduziram com seu acréscimo ($P < 0,05$).

O aumento do teor de PB das silagens ocorreu em função do resíduo da colheita da soja apresentar maior teor de PB (8,02%) comparado ao da planta do sorgo (5,82%; Tabela 2.1), e mesmo apresentando teores semelhantes do material ensilado nos diferentes tratamentos, isso poder ter resultado em melhor perfil de fermentação proteica.

Os valores de PB encontrados estão próximos aos relatados por Neumann et al. (2004), que encontraram teores de PB da silagem de sorgo similares entre si,

para híbridos forrageiros de sorgo cujo valores médios foram de 5,55% e híbridos de duplo propósito valores de 5,85%, e 6,3 a 7,9% obtidos por Candido et al. (1999). Freitas et al. (2006) também observaram aumento linear do teor de PB ao avaliarem silagem de cana-se-açúcar adicionada de 10% de resíduo da colheita da soja (matéria natural). Balieiro Neto et al. (2009) descreveram que o aumento na concentração de PB após a ensilagem, pode ser em da função das perdas de carboidratos solúveis por efluentes e produção de gás.

Os teores de PIDN/PB, CHO e CNF das silagens sem resíduo da colheita da soja decresceram ($P < 0,05$) com a substituição de 3 e 6%.

Os valores de PIDN/PB encontrados foram superiores aos valores relatados por Oliveira et al. (2010) de 18,3 e 18,1 (%MS) para silagens de sorgo-sudão e sorgo forrageiro respectivamente.

Houve redução dos teores de CHO e CNF devido ao maior teor de LIG (12,20%; Tabela 2.1) do resíduo da colheita da soja, por conter hastes, talos e vagens, entretanto, essa característica não inviabiliza o uso de resíduos agroindustriais como alternativa para processos de ensilagem. Valadares Filho et al. (2006) ao analisarem silagem de milho com adição de soja, também observaram redução teor de CHO.

Pereira et al. (2006) observaram teor de 21,96% de CNF para a silagem sem adição de resíduo. Já Avelino et al. (2011) encontraram valor médio de 25,5% para CNF ao compararem silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas.

A PG teve aumento linear ($P > 0,05$) com os três níveis do resíduo da colheita da soja (Tabela 2.3). Oliveira et al. (2010) no estudo sobre perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol, constataram perdas de gases da silagem de sorgo forrageiro, superiores às das silagens de milho e de girassol.

Segundo McDonald et al. (1991) aumento significativo na produção de gás ocorre quando há produção de etanol ou mantinol e CO_2 por fermentação por bactérias heterofermentativas, enterobactérias, leveduras e clostrídeos, e que normalmente crescem em pH mais elevado (Amaral et al., 2008), sendo que as perdas por gases são menores quando estão predominantes nas silagens bactérias homofermentativas. Balsalobre et al. (2001) consideraram que na ensilagem de gramíneas tropicais, devido as características da planta e do manejo de produção

imposto a essa forragem, cria-se um ambiente propício para o desenvolvimento de clostrídeos, resultando em fermentação indesejável considerada fonte na perda por produção de gases.

Penteado et al. (2006), consideraram que a produção de gás foi menor nas silagens de capim-mombaça quando inoculadas e explicaram que a aplicação de inoculante microbiano pode favorecer o estabelecimento de bactérias lácticas na silagem e reduzir as perdas decorrentes de fermentações indesejáveis, realizadas em boa parte por bactérias heterofermentativas.

As digestibilidades da MS e da MO das silagens decresceram ($P < 0,05$) com os níveis 3 e 6% do resíduo. Mesmo com o decréscimo, os valores da DIVMS ficaram próximos ao encontrado por Rodrigues et al. (2002) de 60,14% ao descreverem os efeitos de inoculantes microbianos na silagem de sorgo (AG-2005), e por Nascimento et al. (2008) de 65,92% no estudo do valor alimentício de silagens de milho e sorgo (Arakan[®], Top silo[®] e Cocagne[®]). Neumann et al. (2004) ao avaliarem silagens de sorgo (AG-2006) encontraram 58,63% para a DIVMO.

O aumento na substituição do resíduo da colheita da soja na silagem de sorgo promoveu efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre os teores amido e fração B1, atingindo o teor máximo (12,88% e 16,30%) com 3% do resíduo de soja e reduzindo-se com 6% de substituição.

O valor de amido encontrado foi inferior ao relatado pelos autores Rodrigues et al. (2002) de 17,02% e Zeoula et al. (1999) de 16,13% para silagens de sorgo. Esta variação pode ser pelo fato da diferença entre híbridos de sorgo, sendo que Rodrigues et al. (2002) utilizou o híbrido Agrocerec 2005 e Zeoula et al. (1999) avaliou diferentes alimentos (milho, sorgo, silagens de milho e sorgo, triticales, farelo de soja entre outros) provenientes de locais distintos.

A maior parte dos pesquisadores como Andrade et al. (2010), Oliveira et al. (2009) e Viana et al. (2012) descreveram as frações A e B1 em conjunto e obtidas pela diferença entre $100 - (B2 + C)$. Sendo assim, o valor da fração A + B1 (39,67%) encontrado foi superior ao de Viana et al. (2012) cujos valores descritos foram de 19,9 e 25,4% para a fração A + B1 (%CHO) das silagens de sorgo-sudão e de sorgo forrageiro respectivamente. Ao avaliarem silagens de milho, sorgo e girassol, Mello & Nörnberg (2004) mencionaram altos valores de A + B1 para as silagem de milho e sorgo sendo que a silagem de sorgo apresentou maior valor de B2 em função da maior contribuição de colmo na silagem. Contudo, deve-se salientar que as

diferenças de aptidão entre os híbridos justificam a variação dos valores descritos. Para Mello & Nörnberg (2004) isso demonstra a importância de fracionar os resultados para o adequado balanceamento da dieta animal.

2.4 CONCLUSÕES

O resíduo da colheita da soja pode ser substituído até 6% na silagem de sorgo sem afetar os parâmetros de qualidade nutricional da silagem, uma vez que esta substituição na ensilagem além de reduzir os custos com alimentação animal pode melhorar as características fermentativas das silagens, o valor nutritivo, e ainda, com a viabilidade de uso, evitar o acúmulo destes no meio ambiente.

2.5 REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; et al. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.977-983, 2008.
- ANDRADE, I.V.O. PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; et al. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.11, 2010. p. 2342-2348.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. v.1, 15.ed., Virginia: Arlington. 1990, 1117p.
- AVELINO, P.M.; NEIVA, J.N.M.; ARAUJO, V.L.; et al. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.208-215, 2011.
- BALIEIRO NETO, G.; FERRARI JÚNIOR, E.; NOGUEIRA, J.R.; et al. Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químico e microbiano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.6, p.621-630, 2009.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2001. p.890-911.
- BORGES, V.M.S.; SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. Caracterização edafoclimática da microrregião de Quirinópolis/GO para o cultivo da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. Recife, 2010. **Anais...** Recife: 2010, p.15.
- CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análise de alimentos**. FEALQ, Piracicaba, 2004, 73-75p.
- CANDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. et al. Avaliação da produção e do valor nutritivo das silagens de cinco híbridos de sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999, p.6. (CD-ROOM-FOR056).
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. et al. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.38-47, 2006.
- KÖPPEN, W.; GEISER, R. *Klimate der erde*. **Gotha: Verlag Justus Perthes**, 1928. (Wall-map 150 cm x 200 cm).

- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1537-1542, 2004.
- McCULLOUGH, M.E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, v.49, n.13, p.49-52, 1977.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Pub, 1991. 340p.
- NASCIMENTO, W.G.; PRADO, I.N.; JOBIM, C.C.; et al. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.896-904, 2008.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG J.L.; et al. Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.1, p.120-133, 2004.
- OLIVEIRA, R.L.; LIMA, L.S.; RIBEIRO, R.D.X.R.; et al. Fracionamento de carboidratos da silagem de capim-tanzânia de farelo de trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA - ZOOTECH, 2009, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ABZ, 2009.
- OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.1, p.61-67, 2010. 4p.
- PENTEADO, D.C.S.; SANTOS, E.M.; PEREIRA, O.G.; SOUZA, L.O.; CAVALY, J. Perdas por gases, efluentes e recuperação da matéria seca de silagens de capim-mombaça tratadas com inoculante microbiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA - ZOOTECH, 2006, Recife. **Anais...** Recife: ABZ, 2006.
- PEREIRA, D.H.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.282-291, 2006.
- RODRIGUES, P.H.M.; SENATORE, A.L.; ANDRADE, S.J.T.; et al. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2373-2379, 2002.
- SAS, STATISTICAL ANALYSES SYSTEM INSTITUTE. **SAS User's Guide**: Statistic, Cary. NC: SAS Institute INC, 2002.

- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.** 2006. 228f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** 2.ed. Viçosa: UFV, DZO, 2006. 329p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VIANA, P.T.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, L.B.; et al. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.2, p.292-297, 2012.
- VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteína e lipídeos em rações para ruminantes.** 98f. 1980. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- ZEOULA, L.M.; MARTINS, A.S.; PRADO, I.N.; et al. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.898-905, 1999.

CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE AERÓBIA DA SILAGEM DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) COM RESÍDUO DA COLHEITA DA SOJA

RESUMO: Durante a ensilagem ou na abertura do silo, é desejável que a menor quantidade de ar esteja presente para que o valor nutritivo da massa seja preservado. Objetivou-se com este estudo avaliar a exposição aeróbia da silagem de sorgo com resíduo da colheita de soja em três níveis de substituição (0, 3 e 6%). Foram utilizados 18 minissilos (10 L) e após a abertura (50 dias), 500 g de massa ensilada foram distribuídas em potes (2 L) mantidos em câmara climática a 25°C para a determinação da estabilidade aeróbia das silagens. Foi utilizado o programa SAS versão 9.3 (2010) a 5% de probabilidade para todas as análises dos dados. Para o efeito da substituição do resíduo de soja na composição da silagem foi considerado o delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. Para o comportamento de exposição aeróbia foi feita a distribuição das dosagens em parcela subdividida, com efeito da substituição do resíduo na parcela e o dia de amostragem na sub-parcela, em modelo misto com efeito da repetição e dos erros considerados aleatórios. Para a avaliação dos níveis do resíduo foi utilizado contraste ortogonal, e para as comparações das médias para o dia de amostragem o teste “t”. Pode-se adicionar resíduos da colheita da soja na silagem de sorgo até 6% sem alterações nos parâmetros de qualidade da silagem (pH, acidez titulável, teores de MS e taxa de exposição aeróbia), sendo que no momento de abertura dos minissilos, a silagem apresentou melhor pH e acidez titulável do que 6 e 12 dias após a exposição aeróbia. Pode-se utilizar os dois tipos de termômetros de mercúrio e digital com infravermelho na avaliação da estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: ensilagem, exposição aeróbia, forragem, temperatura, termômetro de mercúrio, termômetro digital com infravermelho

AEROBICS STABILITY OF SORGHUM SILAGE (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) WITH SOYBEAN CROP RESIDUE

ABSTRACT: When silage is undesirable ingress of air during the opening of the silo or to the nutritional value of the mass is preserved. The objective of this study was to evaluate the aerobic exposure of sorghum silage with soybean crop residue into three levels of addition (0, 3 and 6%). Eighteen mini-silos (10 L) was used and after opening (50 days), 500 g of ensiled mass were distributed in pots (2 L) kept in a climatic chamber at 25°C for determination of aerobic stability of silages. The program SAS version 9.3 (2010) a 5% probability for all data analysis was used. For the effect of the addition of soybean residue in the composition of the silage was considered completely randomized design with 6 replications. For the behavior of aerobic exposure in the split plot design, effect of the addition of the residue in the plot and sampling day was used in the sub - plot of a mixed effect model with repeat and random errors considered. In addition levels of residue was used orthogonal contrast, and mean comparison for the day sampling the "t" test. Residues can add soy crop residues in sorghum silage up to 6% with no changes in the parameters silage quality (pH, titulable acidity, DM and rate of aerobic exposure). At the opening of mini-silos, silage pH and acidity has better than 6 and 12 days after aerobic exposure. Can be use both types of thermometers, mercury or digital with and infrared, to estimate the aerobic stability.

Keywords: aerobic exposure, digital with infrared thermometer, ensiling, forage, mercury thermometer, temperature

3.1 INTRODUÇÃO

A silagem deve ter valor nutritivo semelhante ao da forrageira ensilada, no entanto, a entrada de ar no silo promove o desenvolvimento de micro-organismos aeróbios indesejáveis que utilizam vários substratos presentes nas forragens, ou da fermentação, resultando em perda de nutrientes e, conseqüentemente, na redução do valor nutritivo da silagem.

A estabilidade aeróbia pode ser definida como a resistência da massa de forragem à degradação após a abertura do silo. Moran et al. (1996) definiram a estabilidade como o tempo que a silagem leva para atingir temperatura superior a 2°C acima da temperatura ambiente

A deterioração aeróbia resulta na mineralização dos componentes facilmente oxidáveis a gás carbônico (CO₂) e água (H₂O) pela ação do oxigênio atmosférico (Honing & Woolford, 1979). Silagens de qualidade satisfatória, com elevado valor nutritivo, como as de milho e de sorgo, são mais propensas à deterioração quando expostas ao ar, após a abertura e retirada do silo e durante a sua permanência nos cochos em função da ação de fungos e leveduras, que metabolizam o ácido láctico, previamente produzido por bactérias e aumentam o pH da silagem, permitindo o crescimento subsequente da população microbiana aeróbia, que consome carboidratos solúveis, ácidos orgânicos, proteína e reduz o valor nutritivo do volumoso (Nussio et al., 2002).

Objetivou-se com este experimento avaliar a estabilidade aeróbia da silagem de sorgo adicionada com três níveis de resíduo da colheita de soja.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O resíduo da colheita da soja foi adquirido em uma empresa de processamento de soja em Goiás e o sorgo coletado numa Fazenda situada no município de Quirinópolis, Goiás (Tabela 3.1). Foram utilizadas sementes do híbrido de sorgo Silomax da Sementes Sempre[®], plantado em maio de 2013, com prévia amostragem do solo e adubação corretiva.

Tabela 3.1 Composição químico-bromatológica do resíduo da colheita da soja e da mistura com o sorgo na pré-ensilagem

Variáveis (%MS)	Resíduo da Colheita da Soja	Nível (%)		
		0	3	6
MS total	92,39	36,98	38,65	40,31
MO	92,66	96,18	96,07	95,97
PB	8,02	5,82	5,88	5,95
EE	3,10	1,97	2,01	2,04
LIG	12,50	7,26	7,42	7,58
Hcel	12,26	21,91	21,62	21,33
PIDA/PB	10,05	18,21	17,97	17,72
FDNcp	67,85	64,39	64,50	64,60
PIDN/PB	30,29	49,05	48,49	47,93
Amido	0,54	11,39	11,06	10,74

MS: Matéria Seca; MO: Matéria Orgânica; PB: Proteína Bruta; EE: Extrato Etéreo; LIG: Lignina; Hcel: Hemicelulose; PIDA/PB: Proteína Insolúvel em Detergente Ácido em relação à Proteína Bruta; FDNcp: Fibra em Detergente Neutro em relação a Proteína Bruta.

O Município de Quirinópolis está localizado na região Sudoeste do Estado de Goiás. O clima da região é classificado segundo tipologia climática de Köppen (1928), em tropical quente sub-úmido do tipo Aw, com chuvas de verão (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro), cujas precipitações regionais variam em média de 1.500 a 1.750 mm/ano. A temperatura média anual possui pequena variação sazonal, apresentando média de 23,8°C concentrando os maiores valores no mês de outubro, com 24,5°C e os menores valores no mês de julho, com 20,8°C (Borges et al., 2010).

A colheita da planta inteira foi realizada na fase de maturação fisiológica do grão com aproximadamente 30% de MS mensurada ao micro-ondas e processado em desintegradora. A planta inteira foi triturada com tamanho de 2 a 3 mm, para

ensilagem junto ao resíduo da colheita da soja nos níveis 0, 3 e 6% de substituição baseado na matéria natural.

Foram utilizados seis minissilos por tratamento avaliado, em baldes plásticos de capacidade 10 litros, contendo 1 kg de areia fina seca no fundo, separada da massa ensilada por um tecido de algodão com a finalidade de absorção dos efluentes. Os baldes eram providos de tampas próprias para vedação adaptadas com válvula tipo *Bunsen* para o escape de gases produzidos durante o tempo de estocagem. A mistura foi colocada em camadas dentro dos baldes e compactada com auxílio de bastão de madeira visando atingir densidade entre 600 a 650 kg MV/m³. Após o enchimento, os minissilos foram vedados com fita adesiva para impedimento da entrada de ar e armazenados em temperatura ambiente durante 50 dias após a ensilagem no Laboratório de Nutrição Animal (UFG/Regional Jataí).

O clima predominante em Jataí, Goiás, conforme a classificação de Köppen é o Awa (megatérmico, tropical chuvoso, com chuvas no verão e seca no inverno), apresentando média anual de 24,7°C com média máxima anual de 36°C e mínima de 13,5°C. Caracteriza-se por estação seca de abril a setembro, com escassez de água no inverno e ocorrência ocasional de geadas. Possui precipitação pluviométrica média anual de 1.800 mm com chuvas concentradas nos meses de outubro a abril. O clima predominante da região é quente, semi-úmido e sazonal, com verão chuvoso e inverno seco.

Previamente a ensilagem, foram medidos os pesos de todos os componentes dos minissilos (baldes, tampas, areia seca e tecidos de algodão), e o peso dos baldes cheios e tampados.

Após 50 dias, os minissilos foram pesados cheios e abertos para estimativa do N-NH₃, do pH, da acidez titulável, da estabilidade aeróbia da silagem e das recuperações da MS e da MO (RecMS e RecMO).

Para o pH e a acidez titulável pesou-se 9 g da silagem de cada tratamento, adicionou-se 60 mL de água destilada, filtrou-se com auxílio de uma peneira e realizou-se a leitura do pH após 30 minutos. A titulação foi feita com hidróxido de sódio (0,1 N; fator de correção: 0,095) até neutralização da amostra (Silva & Queiroz, 2002). Para a determinação do N-NH₃ coletou-se uma porção de silagem de cada tratamento e com o auxílio de tecido de algodão, filtrou-se 50 mL de suco em recipientes plásticos contendo 1 mL de solução de ácido sulfúrico (1:1) e armazenados em congelador para posterior determinação do N-NH₃ (Vieira, 1980).

O comportamento da silagem durante a exposição aeróbia, foi observado de acordo com Kung Junior et al. (2004) com algumas modificações, utilizando 500 g de amostra de cada minissilo, colocadas em potes de plástico com capacidade de 2 litros e armazenados em estufa em duplicatas, sendo: repetição A sem termômetro de mercúrio, e repetição B com termômetro de mercúrio. A temperatura média da estufa foi aferida a cada 12 horas durante o ensaio da exposição aeróbia de 12 dias (288 horas) foi de 27°C.

As temperaturas dos tratamentos foram aferidas através dos dois termômetros até o sexto dia (144 horas) de exposição aeróbia. Após esse período, retirou-se os potes sem termômetro de mercúrio (repetição A) e mensurando-se as temperaturas da repetição B através dos dois termômetros até o décimo segundo dia de exposição aeróbia (288 horas).

No sexto e no décimo segundo dia após o início da exposição aeróbia foram feitas amostragens da massa ensilada para a determinação do pH, da acidez titulável, da composição químico-bromatológica. A amostra foi pré-seca e analisada para os teores de MS e MO descritas por AOAC (1990), e da RecMS e RecMO utilizando a equação (Schmidt, 2006):

$$\text{Rec} = \frac{\text{NF}}{\text{NI}} \times 100$$

sendo:

Rec: recuperação da matéria seca ou matéria orgânica (%);

NF: nutriente (MS ou MO) no momento da abertura (kg);

NI: nutriente (MS ou MO) incubado (kg).

A estabilidade aeróbia da silagem foi definida como o número de horas que a silagem permaneceu estável antes de subir mais de 2°C acima da temperatura ambiente conforme Moran et al. (1996). Analisou-se também a taxa de estabilidade aeróbia da silagem, considerando a temperatura máxima observada, dividida pelo tempo necessário para alcançá-la (Ruppel et al., 1995).

Todas as análises de dados foram realizadas no programa SAS versão 9.3, a 5% de probabilidade (SAS, 2010).

Para avaliar o efeito da substituição do resíduo da soja nas características de composição da silagem, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com seis repetições.

O comportamento de exposição aeróbia foi avaliado em parcela subdividida, considerando o efeito da substituição do resíduo na parcela e o dia de amostragem na sub-parcela. As comparações de médias foram feitas através do teste de Tukey.

Para comparar os valores da taxa de estabilidade em função do tipo de termômetro (mercúrio ou infra vermelho) foi utilizada equação de regressão entre as duas estimativas, $Y(T_{\text{digital}}) = \beta_0 + \beta_1 X (T_{\text{mercúrio}})$, empregando o teste "t", para verificar se a inclinação da reta obtida pela regressão diferiu da reta ideal de igualdade entre as técnicas ($Y=X$). Também, foi realizada análise de variância na avaliação do nível de substituição do resíduo separadamente para cada termômetro.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação ($P>0,05$) dos níveis do resíduo e dos dias de observação para as variáveis N-NH₃, pH, acidez titulável, RecMS e RecMO (Tabela 3.2). Também não houve efeito ($P>0,05$) do nível de substituição do resíduo para estas variáveis, no entanto, houve efeito ($P<0,05$) para o dia de observação (Tabela 3.3).

Tabela 3.2 Médias e desvio padrão das variáveis N-NH₃, pH, acidez titulável, RecMS e RecMO em função do nível de substituição do resíduo da colheita da soja no 6º e 12º dia de observação

Variáveis	Substituição do Resíduo (%)			Média ± Desvio Padrão	Valor P
	0	3	6		
N-NH ₃ (% N total)	7,54	6,95	7,35	7,28 ± 1,86	0,6290
pH (% MS)	6,15	6,04	6,14	6,11 ± 0,77	0,8806
Acidez titulável (% MS)	4,74	4,15	4,08	4,32 ± 0,93	0,0768
RecMS (% MS)	85,14	87,12	89,48	86,87 ± 6,06	0,1301
RecMO (% MS)	84,05	86,48	87,60	85,74 ± 7,15	0,8581

A ausência de efeito dos níveis do resíduo da colheita de soja sob as variáveis analisadas confirmam a possibilidade da utilização do resíduo na produção de silagem de sorgo sem causar alteração no perfil de fermentação da silagem.

O N-NH₃, indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação. O valor encontrado de N-NH₃ (7,28%; Tabela 3.2) foi superior ao relatado por Chizzotti et al. (2005) de 6,42%. A silagem de sorgo apresentou pH 6,11, coloração escura e forte odor de amônia, concordando com Muck & Pitt (1993), que altos valores de pH e N-NH₃ indicam fermentação clostrídica, caracterizando silagem com altos níveis de ácido butírico, teores de N-NH₃ próximos ou superiores a 10%, pH acima de 5,0 e odor característico de amônia ou ácido butírico.

As variáveis RecMS e RecMO não foram influenciadas pela substituição do resíduo da colheita da soja ($P>0,05$). Com o estudo das perdas e do valor nutritivo de silagens de sorgo-sudão, sorgo forrageiro e outras forrageiras, Oliveira et al. (2010) relataram percentuais da recuperação da MS de 3,1 e 30,3% respectivamente às silagens citadas, ou seja, valores inferiores ao encontrado.

As médias do N-NH₃ entre os dias 0 e 6 diferiram, mas entre os dias 6 e 12 não houve diferença estatística (Tabela 3.3). Tedeschi et al. (2012) encontraram valores entre 2,9 a 3,1% em silagens de sorgo produzidas em diferentes sistemas de produção. Esta variável está relacionada à solubilização da proteína da dieta e à retenção de nitrogênio no rúmen de animais (Hoover, 1986).

Tabela 3.3 Médias e desvio padrão das variáveis N-NH₃, pH, acidez titulável, RecMS e RecMO em função do nível de substituição do resíduo da colheita da soja e do dia de observação

Variáveis	Dia de Observação		
	0	6	12
N-NH ₃ (% N total)	9,14 ± 0,44a	6,90b	5,80b
pH (% MS)	3,81b ± 0,18b	7,06a	7,45a
Acidez titulável (%MS)	12,30 ± 0,22a	0,54b	0,13b
RecMS (%MS)	93,07 ± 1,65a	87,34 ± 1,43b	81,33 ± 1,43c
RecMO (%MS)	91,30 ± 1,95a	85,96 ± 1,69ab	80,87 ± 1,69b

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O pH aumentou ($P < 0,05$) a partir do dia 6 não diferindo ($P < 0,05$) do dia 12, enquanto que para a acidez titulável, ocorreu redução ($P < 0,05$) com igual comportamento. Sabe-se que durante a fermentação dentro do silo para produção da silagem, quanto menor a umidade no interior do silo, maior a probabilidade de ocorrer o desenvolvimento de micro-organismos lácticos, responsáveis pela maior produção de ácidos e, conseqüente redução dos valores de pH. Já durante a exposição aeróbia, ocorre o aumento do pH devido ao acúmulo de amônia e do nível de ácidos orgânicos (lático e acético) tenderem a declinar ao longo do tempo. Com a redução de MS ao longo dos dias decorrente da deterioração da silagem pela ação microbiana em ambiente aeróbio (Kung Junior et al., 2004) que, segundo Taylor et al. (2002) ocorre pela interação de atividades fúngicas e bacterianas.

Evangelista et al. (2005) mencionaram que o limite superior de pH para as silagens de qualidade satisfatória é de 4,2. Vale ressaltar que as médias encontradas compreendem o valor de pH dos 12 dias, o que resultou em médias de pH superior a 6,0 indicando silagem de qualidade ruim, porém, a recomendação de

4,2 é para a silagem no momento de abertura e não neste experimento que está sendo avaliado a exposição aeróbica.

Os teores de pH foram inversamente proporcionais aos valores da acidez titulável em relação aos dias de observação (Tabela 3.3). No dia de abertura dos minissilos (dia 0) o pH se apresentou baixo (3,81) pelo fato da produção de ácidos orgânicos via bactérias lácticas quando a massa estava ensilada, mas ao longo dos dias de exposição aeróbica (6 e 12), houve aumento ($P < 0,05$) do pH, possivelmente devido a proliferação de micro-organismos deteriorantes da silagem tornando-a alcalina. Conseqüentemente, ao titular as amostras (NaOH 0,1 N), a quantidade de base que se gastou para neutralizar a acidez das mesmas foi menor nos dias 6 e 12. No momento de abertura dos minissilos, a silagem apresenta melhor pH e acidez titulável do que aos 6 e 12 dias após abertura do minissilo ou exposição aeróbica.

Sanderson (1993) relatou em seu estudo sobre estabilidade aeróbica de silagens de milho e sorgo que durante o experimento houve desenvolvimento de populações de leveduras, predominantemente *Saccharomyces* e *Candida* spp., causando aumento do pH e da temperatura.

As médias da recuperação da MS em função do dia de exposição reduziram gradativamente ($P < 0,05$). Já para recuperação da MO, as médias reduziram ($P < 0,05$) do dia de abertura ao sexto dia e mantiveram constante no décimo segundo dia, entretanto, nos dias 0 e 6 não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre as médias assim como no dia 6 e 12. Segundo Pedroso et al. (2005), a recuperação da MS tem alta correlação com a perda por gases. De acordo com McDonald et al. (1991) a fermentação por leveduras gera perdas de 48,9% de MS e de 0,2% de energia.

Para a taxa de estabilidade aeróbica ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$), não houve efeito do nível ($P > 0,05$) do resíduo de soja (0% = $0,1787 \pm 0,0016$; 3% = $0,1833 \pm 0,0016$; 6% = $0,1787 \pm 0,0016$), apresentando média de $0,1817^{\circ}\text{C}/\text{h}$. Esses resultados confirmam que pode-se substituir até 6% de resíduo de colheita de soja na silagem de sorgo, sem interferir na características da silagem de qualidade.

Os valores da taxa de estabilidade aeróbica encontrados neste estudo foram superiores aos encontrados por Rodrigues et al. (2002) de $0,054$ e $0,068^{\circ}\text{C}/\text{h}$ de acordo com a adição de inoculantes na silagem de sorgo produzida em silos experimentais. Estes mesmos autores descreveram valores do tempo decorrido para

alcançar temperatura máxima de 120, 108 e 96 horas, com temperatura ambiente máxima de 25,50 e 25,25°C.

Durante o ensaio de exposição aeróbia, para a estabilidade aeróbia, as temperaturas foram aferidas via termômetros de mercúrio (TM) e digital com infravermelho (TD) bem como a temperatura ambiente da estufa (Figura 3.1). A silagem permaneceu estável 12 horas após abertura dos minissilos, sendo que em 24 horas de exposição, houve aumento de 2°C acima da temperatura ambiente aferida com o TM e máxima temperatura de 32°C às 180 horas (8 dias de exposição). A temperatura média observada em 12 dias (288 horas) de exposição aeróbia, aferida com o TM foi de 29°C para os três tratamentos, sendo 27°C para a silagem sem substituição do resíduo, 30°C para 3% do resíduo na silagem e 29°C para 6% de substituição do resíduo na silagem. Com o TM pôde-se avaliar a temperatura interna da massa ensilada e não superficialmente como o TD.

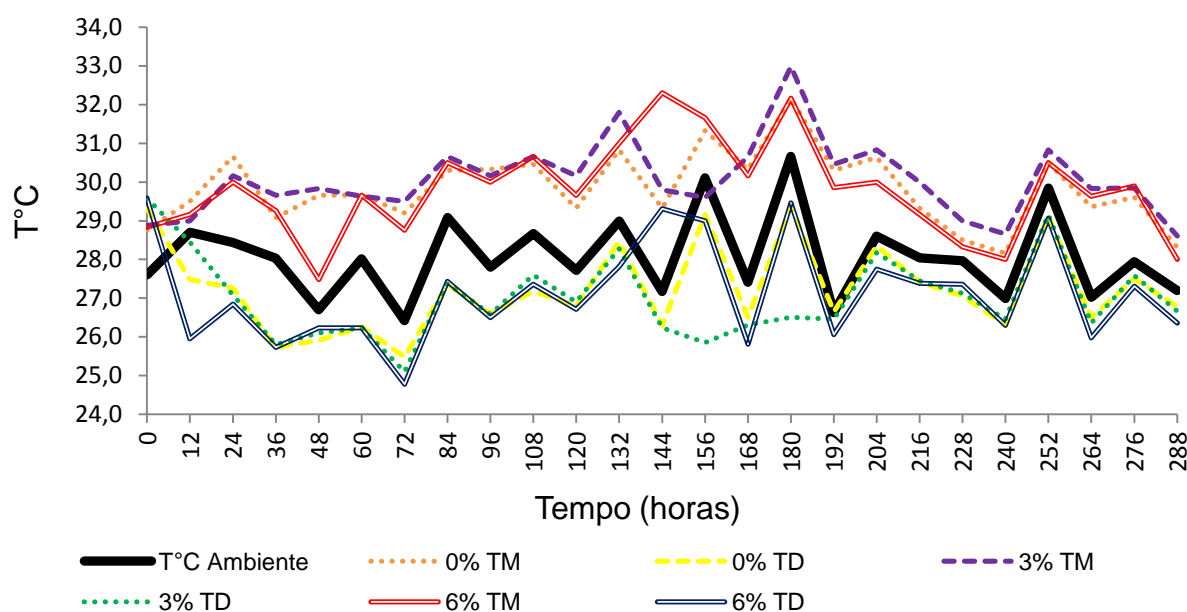


Figura 3.1 Temperaturas médias da estufa e dos tratamentos 0, 3 e 6% de substituição do resíduo da colheita de soja na silagem de sorgo, durante o ensaio da estabilidade aeróbia

Queiroz et al. (2008) afirmaram que a estabilidade aeróbia deve-se à presença de ácido acético, que inibe o desenvolvimento microbiano durante o período de exposição da silagem ao ar, o que pode justificar a estabilidade da silagem de sorgo nas primeiras 12 horas após abertura dos minissilos.

Muck (2010) descreveu que silagens resultantes da fermentação homolática apresentam grande quantidade de substratos que propiciam o desenvolvimento, principalmente, de leveduras e fungos filamentosos, o que resulta no aquecimento das massas devido ao processo de respiração desses micro-organismos.

Para os tratamentos 0, 3 e 6% do resíduo da colheita de soja, foi observado menor temperatura (25°C) aferida com TD. Isto pode ter ocorrido devido à aferição superficial das silagens expostas ao ar e não a temperatura interna da massa como aferida com o TM, ou, segundo Rabelo et al. (2012), pode estar associado à menor atividade de água da massa, dificultando o crescimento e o desenvolvimento de micro-organismos aeróbios deteriorantes.

As silagens apresentam picos de temperatura por volta de 132 horas de exposição e, posteriormente, novo pico por volta de 180 horas de avaliação. O crescimento de leveduras, fungos filamentosos e bacilos favorecerem o aumento da temperatura de silagens, e para Hill & Leaver (2002), esse aumento é em virtude do balanço entre a taxa de calor produzida pela atividade microbiana e as perdas de calor, o que está diretamente relacionado à oxidação da MS, que provoca perdas na forma de CO₂.

Comparando os termômetros para a estimativa da taxa de estabilidade da silagem, pela equação de regressão entre as duas estimativas, obteve-se $Y(\text{Tinfravermelho}) = 0,01473 + 0,0906X (\text{Tmercúrio}; r^2 = 0,1341; \text{Figura 3.2})$.

Pelo teste “t”, verificou-se ($P < 0,05$) que $\beta_1 \neq 1$ e que $\beta_0 \neq 0$, ou seja, a inclinação da reta obtida pela regressão difere da reta ideal de igualdade entre as técnicas ($Y=X$), o que indica que não há relação entre as mesmas. Desta forma, ambas as técnicas estimam valores diferentes, sendo que as estimativas obtidas com o Tmercúrio foram maiores.

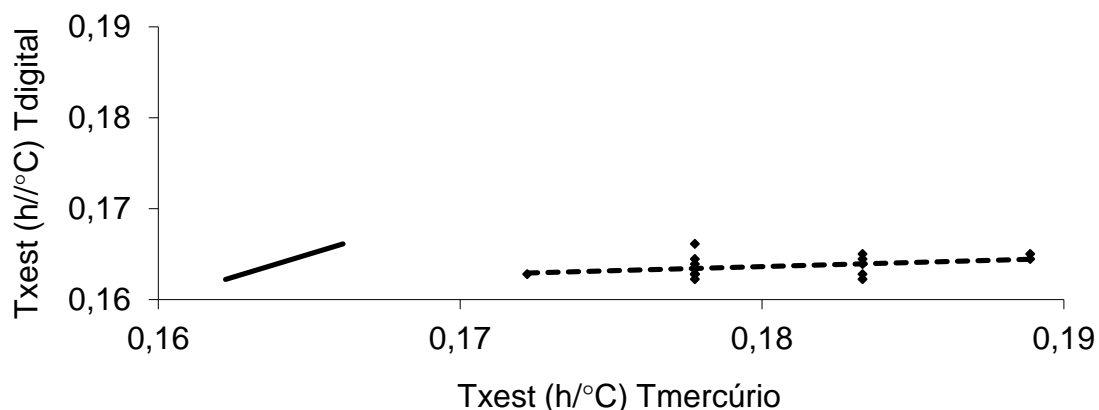


Figura 3.2 Relação entre a taxa de estabilidade aeróbia (T_{xest} ; h/°C) estimada pelos termômetros com infravermelho ($T_{infravermelho}$) e de mercúrio ($T_{mercúrio}$). A linha contínua representa a relação ideal de igualdade entre as técnicas ($Y=X$) e a linha pontilhada é a regressão linear $Y(T_{infravermelho}) = 0,01473 + 0,0906X (T_{mercúrio}; r^2 = 0,1341)$

Quando avaliado o efeito do nível de substituição do resíduo da colheita de soja para cada termômetro separadamente, foram obtidas conclusões estatísticas iguais, ou seja, sem efeito ($P>0,05$) para nível de . No entanto, a taxa observada com o $T_{mercúrio}$ ($0,1817 \pm 0,0024$) foi maior ($P<0,05$) que a do $T_{infravermelho}$ ($0,1651 \pm 0,0024$).

A diferença da taxa de estabilidade entre os termômetros pode ser explicada pela diferença de temperatura observada durante as mensurações, apresentando médias $27,1 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ($T_{infravermelho}$) e $29,9 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ ($T_{mercúrio}$). Este resultado pode ter sido decorrente da localização da aferição da temperatura da silagem, uma vez que com o $T_{mercúrio}$ afere-se a temperatura do interior da massa e com o $T_{infravermelho}$ somente na superfície.

Mesmo apresentando ($T_{infravermelho}$ e $T_{mercúrio}$) comportamento igual, quando analisado os dados separadamente, o termômetro de mercúrio possibilita melhor precisão devido a sua escala de aferição de erro $0,1^{\circ}\text{C}$, por permitir aferição repetidas vezes da temperatura, utilizando-o no mesmo local de posicionamento e com o mesmo tempo de permanência.

O termômetro com infravermelho pode ser considerado ideal por ter medição precisa da temperatura, facilidade de aferição em curto espaço de tempo e menor custo, quando comparado ao termômetro de mercúrio. Assim, mesmo que o termômetro de mercúrio afira a temperatura do interior da silagem e não da

superfície do pote como o termômetro de infravermelho, ambos podem ser utilizados para estimativa da taxa de estabilidade aeróbia, uma vez que resultam em conclusões estatísticas iguais.

3.4 CONCLUSÕES

O resíduo da colheita da soja pode ser substituído em até 6% na ensilagem de sorgo sem afetar sua estabilidade aeróbia (N-NH₃, pH, acidez titulável, RecMS e RecMO e taxa de exposição aeróbia).

Ambos termômetros, de mercúrio e digital, podem ser utilizados na avaliação da estabilidade aeróbia em ensaios de exposição aeróbia de silagens de sorgo.

3.5 REFERÊNCIAS

- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. v.1, 15.ed., Virginia: Arlington. 1990, 1117p.
- BORGES, V.M.S.; SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. Caracterização edafoclimática da microrregião de Quirinópolis/GO para o cultivo da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. Recife, 2010. **Anais...** Recife: 2010, p.15.
- CHIZZOTTI, F.H.M.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. Consumo, digestibilidade total e desempenho de novilhos nelore recebendo dietas contendo diferentes proporções de silagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2427-2436, 2005 (supl.).
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; AMARAL, P.N.C.; et al. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) Dewit). **Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v.29, n.2, p. 429-435, 2005.
- HILL, J.; LEAVER, J.D. Changes in chemical composition and nutritive value of urea treated whole crop wheat during exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, v.102, p.181-195, 2002.
- HONING, H.; WOOLFORD, M.K. Changes in silage exposure to air. In: Forage Conservation in the 80's. Brighton, European Grassland Society. **Proceeding...** Oxford, British Grassland, 1979.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved on ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, p. 2755-2766, 1986.
- KÖPPEN, W.; GEISER, R. Klimate der erde. **Gotha: Verlag Justus Perthes**, 1928. (Wall-map 150 cm x 200 cm).
- KUNG JUNIOR., L.; MYERS, C.L.; NEYLON, J.M.; et al. The effects of buffered propionic acid-based additives alone or combined with microbial inoculation on the fermentation of high moisture corn and whole-crop barley. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.5, 2004.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MORAN, J.P.Z.G.; WEINBERG, G.; ASHBELL, Y.; et al. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. **University of Newcastle Upon Tyne**, Tyne and Wear, UK: 1996, 162p.
- MUCK, R.E.; PITT, R.E. Ensiling and its effect on crop quality silage. In: Silage Production from Seed to Animal, 67, 1993, New York. **Proceedings...** New York: NRAES, 1993. p.57-66.

- MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010.
- NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002. Recife. **Anais...** Recife, 2002. p.60-99.
- OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.1, p.61-67, 2010.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, p.427-432, 2005.
- QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; et al. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.358-365, 2008.
- RABELO, C.H.S.; REZENDE, A.V.; NOGUEIRA, D.A.; et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.656-668, 2012.
- RODRIGUES, P.H.M.; SENATORE, A.L.; ANDRADE, S.J.T.; et al. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2373-2379, 2002.
- RUPPEL, K.A.; PITT, L.E.; GALTON, D.M. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, 1995.
- SANDERSON, M.A. Aerobic stability and in vitro fiber digestibility of microbially inoculated corn and sorghum silages. **Journal of Animal Science**, 71: 505-514. 1993.
- SAS, STATISTICAL ANALYSES SYSTEM INSTITUTE. **SAS User's Guide**: Statistic, Cary. NC: SAS Institute INC, 2002.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

- TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, p. 1793-1800, 2002.
- TEDESCHI, L.; COSTA, N.R.; ANDRADE, M.F.; et al. Composição bromatológica de silagens de sorgo na integração lavoura-pecuária. **XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Águas de Lindóia, 2012.
- VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteína e lipídeos em rações para ruminantes**. 98f. 1980. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.