

**Gustavo Henrique Figueiredo Ibrahim**

**PERFIL FERMENTATIVO DAS SILAGENS DE  
SEIS GENÓTIPOS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L.  
(Moench.))**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves

**Belo Horizonte  
Escola de Veterinária da UFMG  
2007**

Dissertação defendida e aprovada em 18 de janeiro de 2007, pela Comissão Examinadora composta por:

Lúcio Carlos Gonçalves

Prof Lúcio Carlos Gonçalves  
(Orientador)

Norberto Mário Rodrigues

Prof. Norberto Mário Rodrigues

José Avelino Santos Rodrigues

Dr. José Avelino Santos Rodrigues

I14p

Ibrahim, Gustavo Henrique Figueiredo, 1980-

Perfil fermentativo das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. (Moench.)) / Gustavo Henrique Figueiredo Ibrahim. - 2007.

41 p. : il.

Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Inclui bibliografia

1. Silagem - Qualidade - Teses. 2. Sorgo - Silagem - Teses. 3. Fermentação - Teses.

I. Gonçalves, Lúcio Carlos. 11. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. IH. Título.

CDD- 633.2

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proteger em todos os momentos.

Aos meus amados pais e irmã, pelo apoio incondicional, amor, confiança, incentivo e carinho.

À Dani, pelo amor e carinho durante todo o processo do mestrado. Obrigado pelo incentivo constante.

Ao orientador e amigo, Professor Lúcio Carlos Gonçalves, pela excelente orientação, participando ativamente em minha formação profissional e pessoal.

À Universidade Federal de Minas Gerais, e especialmente ao Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG pela oportunidade de estudo e crescimento.

À EMBRAPA Milho e Sorgo, na pessoa do Dr. José Avelino dos Santos Rodrigues, pela competência na realização do experimento de campo e disponibilidade.

Ao Professor Iran Borges pela boa vontade e competência na realização das análises estatísticas.

Ao Fernando (Baby), Leonardo (Hanz) e Sérgio (Tião), grandes amigos de graduação que ao longo do caminho tornaram-se irmãos. Ao Gustavo (Biziú), Igor (Toddy), Marcelo (Tchelo), Robertinho (Guima), Diogo, Cristiano novos amigos que através de sua cumplicidade e amizade tornaram esta caminhada mais prazerosa.

Aos demais professores da Escola de Veterinária da UFMG, pelos ensinamentos.

Aos membros e funcionários do colegiado de Pós-Graduação e do departamento de Zootecnia, pela competência e disponibilidade no atributo de suas funções.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição Animal, Toninho, Carlos Gomes, Kelly, Júnior e Marcos, pelo convívio agradável durante o período de análises e pela boa vontade em ajudar.

A CAPES, pela concessão de recursos financeiros para a concretização deste trabalho.

Aos que não foram mencionados acima, mas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

---

## SUMÁRIO

---

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	6
<b>RESUMOS</b> .....	7
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	9
2.1. Dados agronômicos.....	9
2.1.1. Considerações sobre a cultura do sorgo.....	9
2.1.2. Influência dos teores de Matéria Seca (MS) sobre a qualidade da silagem.....	12
2.1.3. Efeitos da ensilagem sobre o nitrogênio.....	13
2.1.4. Efeitos da Fermentação sobre os Carboidratos Solúveis e Frações Fibrosas.....	14
2.1.5. Qualidade da silagem.....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
3.1. Ensilagem.....	16
3.2. Abertura dos silos e preparo das amostras.....	16
3.3. Análise Estatística.....	17
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
<b>4.1. Composição química do material original e das silagens dos genótipos de sorgo</b> .....	18
4.1.1. Matéria seca (MS) do material original e das silagens dos genótipos de sorgo.....	18
4.1.2. Fração Nitrogenada do material original e das silagens dos genótipos de sorgo.....	19
4.1.3. Carboidratos Solúveis (CHOS) do material original e das silagens dos genótipos de sorgo.....	21
<b>4.2. Carboidratos Estruturais do material original e das silagens dos genótipos de sorgo</b> ..	23
4.2.1. Fibra em Detergente Neutro (FDN).....	23
4.2.2. Fibra em Detergente Ácido (FDA).....	24
4.2.3. Hemiceluloses (HCEL).....	25
4.2.4. Celulose (CEL).....	26
4.2.5. Lignina (LIG).....	28
<b>4.3. Digestibilidade “In Vitro” da Matéria Seca (DIVMS)</b> .....	29
<b>4.4. Potencial de hidrogênio (pH)</b> .....	31
<b>4.5. Ácidos Orgânicos</b> .....	32
4.5.1. Ácido Lático.....	32
4.5.2. Ácido Acético.....	33
4.5.3. Ácido Propiônico.....	35
4.5.4. Ácido Butírico.....	35
<b>5. Classificação das silagens dos híbrido de sorgo</b> .....	36
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	37
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37

---

LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1	Parâmetros utilizados para qualificação das silagens	16
Tabela 2	Valores de matéria seca (MS) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo.	18
Tabela 3	Valores de proteína bruta do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca	19
Tabela 4	Teores de nitrogênio amoniacal (mg%) em relação ao nitrogênio total (N-NH <sub>3</sub> /NT) das silagens de seis genótipos de sorgos em diferentes tempos de abertura	21
Tabela 5	Valores de carboidratos solúveis do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca	22
Tabela 6	Valores de fibra em detergente neutro (FDN) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca	23
Tabela 7	Valores de fibra em detergente ácido (FDA) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca	25
Tabela 8	Valores de hemiceluloses (HCEL) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca	26
Tabela 9	Valores de celulose (CEL) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca	27
Tabela 10	Valores de lignina (LIG) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca	28
Tabela 11	Valores de digestibilidade “ <i>in vitro</i> ” (DIVMS) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca	30
Tabela 12	Valores de pH das silagens de seis genótipos de sorgo nos diferentes períodos de abertura	31
Tabela 13	Teores de ácido láctico (mg%) das silagens de seis genótipos de sorgo nos diferentes períodos de abertura	33
Tabela 14	Teores de ácido acético (mg%) das silagens de seis genótipos de sorgo nos diferentes períodos de abertura	34
Tabela 15	Teores de ácido propiônico (mg%) das silagens de seis genótipos de sorgo nos diferentes períodos de abertura	35
Tabela 16	Teores de Matéria Seca (MS), pH, nitrogênio amoniacal N-NH <sub>3</sub> (%NT), digestibilidade <i>in vitro</i> da MS (DIVMS), ac. láctico (mg%), ac. acético (mg%) e ac. butírico (mg%), obtidos aos 56 dias de ensilagem	36
Tabela 17	Classificação das silagens de acordo com os parâmetros dispostos na tabela 1	36

## RESUMO

Foram avaliados o perfil de fermentação e a qualidade nutricional das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), BR 700, BRS 610, 0249345, 0249351, 0249311 e 0249313. Os genótipos foram plantados nas dependências da EMBRAPA MILHO e SORGO, localizada no município de Sete Lagoas, Minas Gerais. Para a avaliação do padrão de fermentação e qualidade das silagens foram confeccionados silos de PVC. Foram avaliados oito períodos de ensilagem, sendo que no tempo zero, foi avaliado o material original, isto é, a forragem antes de ser ensilada. Os silos foram abertos com um; três; cinco; sete; 14; 28 e 56 dias de fermentação. No momento de abertura foram coletadas amostras de suco da silagem para determinação de pH, porcentagem do nitrogênio amoniacal no nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT (%)) e ácidos orgânicos (ácido láctico, acético, propiônico e butírico). Tanto no material original, como na silagem foram avaliados os teores de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), frações fibrosas (fibra detergente neutro – FDN, fibra detergente ácido- FDA, hemiceluloses, celulose e lignina) e a Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS) e a concentração de Carboidratos Solúveis (CHOS). O cultivar BR 700 apresentou maior teor médio de Matéria Seca (MS), 39,49%, enquanto o genótipo 0249311 foi estatisticamente ( $p < 0,05$ ) inferior, 26,77%. No decorrer do processo de ensilagem houve um aumento no teor de MS, de 28,42% a 30,48%, para o material original e para 56 dias de fermentação, respectivamente. Quanto à Proteína Bruta (PB), o híbrido 0249345 foi estatisticamente superior aos demais com 7,31% na MS, enquanto o híbrido BRS610 foi inferior, 6,29% na MS, ( $p < 0,05$ ), quando comparados com os demais genótipos. Não se observou alterações nos componentes da parede celular, devido ao processo de ensilagem, nos genótipos estudados. Os valores de Fibra em Detergente Neutro (FDN), variaram de 63,04% a 52,96% na MS, sendo que o híbrido BR 700 foi estatisticamente superior aos demais, e o BRS 610, inferior ( $p < 0,05$ ), com valores de 63,04% e 52,96% de FDN na MS, respectivamente. Para os valores médios de Fibra Detergente Ácido, o híbrido BR 700 foi superior ( $p < 0,05$ ) aos demais, com valor de 31,30% de FDA na MS, enquanto o BRS 610 foi inferior ( $p < 0,05$ ), 26,50% de FDA na MS, os demais genótipos testados, foram semelhantes ( $p > 0,05$ ) apresentando valores que oscilaram de 32,87% a 33,82% de FDA na MS. Para as hemiceluloses (HCEL), o híbrido BR 700 destacou-se em relação aos demais com valor de 31,73% de HCEL na MS, já o híbrido 0249313 apresentou o menor valor ( $p < 0,05$ ), 23,45% de HCEL na MS. Para a celulose (CEL), os genótipos 0249345, 0249351, 0249313 e 0249311, apresentaram os maiores valores ( $p < 0,05$ ) de celulose, 25,93; 25,19; 25,21 e 25,46%, respectivamente, em relação aos genótipos BR 700 e BRS 610, 21,74 e 21,39%, respectivamente. Os valores de lignina (LIG) variaram de 3,24 a 9,49% na MS, destacando-se o híbrido BRS 610, com o menor valor desta fração, 3,24% de LIG na MS. Em relação ao conteúdo de carboidratos solúveis (CHOS) o híbrido 0249345 foi superior aos demais ( $p < 0,05$ ) com valor médio de 6,73% de CHO na MS ( $p < 0,05$ ). O cultivar BRS 610 apresentou valor elevado de Digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS= 59,64%) em relação aos demais que tiveram oscilação de 50,16 a 53,86% na MS ( $p < 0,05$ ). Em relação aos outros parâmetros qualitativos, as silagens foram classificadas como de boa a muito boa qualidade, sendo que todos os valores de nitrogênio amoniacal foram inferiores a 10%, os valores de pH das silagens oscilaram de 3,78 a 4,03, as concentrações de ácido láctico variaram de 4,99 a 6,31 mg%, de ácido propiônico de 0,29 a 0,33 mg%, e de ácido acético se mostraram inferiores a 0,60 mg%, não sendo detectada a presença de ácido butírico na avaliação de ácidos orgânicos das silagens testadas.

**Palavras Chave:** padrão de fermentação, qualidade, silagem, sorgo, valor nutricional.

## ABSTRACT

It was evaluated the fermentation profile and the nutritional quality of the silages of six sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) BR 700, BRS 610, 0249345, 0249351, 0249311 and 0249313. The genotypes had been planted in the dependence of the EMBRAPA MILHO e SORGO, located in the city of Sete Lagoas, Minas Gerais. For the analysis of the standard of fermentation and quality, PVC silos were confectioned. It was analyzed eight periods of ensiling, on time zero, was the forage before ensiling. The silos were opened with one, three, five, seven, 14, 28 and 56 days of fermentation. At the moment of opening, it was collected samples of silage juice for determination of pH, values of ammonia nitrogen and organic acids (lactic acid, acetic acid, propionic acid and butiric acid). Dry matter (DM), crude protein (CP), fibrous fractions (neutral detergent fiber – NDF; acid detergent fiber – ADF; lignin – LIG), in vitro dry matter digestibility (IVDMD) and soluble carbohydrates were evaluated for the silages and for the original material, forage before ensiling. The genotype BR 700 presented the highest perceptual of DM, 39,49%, while the genotype 0249311 was inferior ( $p < 0,05$ ), 26,77%. During the process of ensilage, it was observed the increasing of the DM content, 28,42% to 30,48%, for the original material and to the material of day 56, respectively. The genotype 0249345 was superior for the CP content, with 7,31%, while the genotype BRS 610, presented the lowest value of CP, 6,29% ( $p < 0,05$ ), when compared to the others. It wasn't observed variation on the cell wall contents due to ensilage process on the genotypes composition. The NDF values ranged from 63,04% to 52,96%, the BR 700 was superior, and the BRS 610 was inferior ( $p < 0,05$ ) with values of 63,04% and 52,96% NDF, respectively. NDA values of BR 700 was superior to the others ( $p < 0,05$ ), with 31,30% NDA, while BRS 610 presented the lowest value of NDA, 26,50%, the others genotypes analyzed were similar ( $p > 0,05$ ) presenting values from 32,87% to 33,82% of NDA. The lignin values varied from 3,24 to 9,49% LIG, detailing the genotype BRS 610, with lowest value of this fraction, 3,24% LIG. The genotype 0249345 achieved the highest value of soluble carbohydrate ( $p < 0,05$ ), with a average value of 6,73%. The genotype BRS 610 presented the high value of IVDMD, 59,64%, in relation to the others that had oscillation from 50,16% to 53,86% in the DM ( $p < 0,05$ ). In relation to the others qualitatives parameters, the silages were classified as good to a very good quality, present values of ammonia nitrogen inferior to 10%, the pH values ranged from 3,78 to 4,03, the concentration of lactic acid ranged from 4,99 to 6,31 mg%, propionic acid ranged from 0,29% to 0,33% and the values of acetic acid showed levels inferiors to 0,60 mg%, and during evaluation of organic acids it was not detected butiric acid in the tested silages.

**Keywords:** fermentation standard, quality, silage, sorghum, nutritional value

## 1. INTRODUÇÃO

Produção de forragem com qualidade e quantidades adequadas, é ainda hoje, o grande obstáculo encontrado pelos produtores rurais na pecuária nacional. Além destes desafios, preocupações como viabilidade econômica e sustentabilidade do sistema de produção são itens tão importantes quanto a disponibilidade de alimento de qualidade, fatores estes que determinam a longevidade do negócio diante de um quadro nacional onde as condições para o desenvolvimento da pecuária perdem espaço para atividade de monoculturas. Deste modo, para o desenvolvimento ordenado da atividade pecuária, a sustentabilidade do sistema perde sua conotação meramente ecológica, abrangendo novos aspectos, como culturais, sociais e principalmente econômicos.

Na nutrição animal, o fornecimento de forragens naturais na forma de pastagens é, geralmente, quando utilizado de forma ideal, o que apresenta menor preço e menor impacto negativo sobre o meio ambiente. Entretanto, devido às condições edáfo-climáticas encontradas em grande parte do País, em função da distribuição irregular de chuvas durante o ano, as forrageiras tropicais concentram sua produção anual, cerca de 80%, nos períodos mais úmidos do ano. Provocando desta forma anualmente, uma safra e uma entresafra, refletindo negativamente na exploração econômica da atividade.

Assim sendo, a baixa disponibilidade de forragem na seca, aliando fatores de qualidade e quantidade, figura como a principal limitação para a máxima produção animal. Uma alternativa, dentre muitas que podem ser adotadas, é a produção de volumosos conservados através da técnica da ensilagem, que visa transpor a oscilação anual na disponibilidade e na qualidade do alimento fornecido, tornando o sistema de produção mais sustentável do ponto de vista produtivo. Mas para isso, deve-se ter sempre em mente, que a técnica da ensilagem não tem como premissa a melhoria das qualidades nutricionais do alimento, este processo visa a conservação das características nutricionais do alimento, podendo no máximo igualar a qualidade do produto final, a silagem, ao da forrageira que lhe deu origem. Existe uma grande variedade de plantas forrageiras que

podem ser utilizadas para a produção de silagens, no entanto, o maior destaque fica com o milho e o sorgo, que além de serem as mais utilizadas, apresentam maiores facilidades de cultivo, altos rendimentos e alta qualidade da silagem produzida, sem a necessidade da utilização de aditivos para a obtenção de um processo fermentativo adequado (Zago, 1991).

O destaque da cultura do sorgo em relação ao milho deve-se a alguns fatores importantes, como, maiores produções de matéria seca que o milho, quando é utilizado para a produção de silagem, principalmente em condições de estresse hídrico e condições marginais de fertilidade. Outro destaque importante, é a capacidade de rebrote após a colheita, possibilitando produções de até 60% da produção da matéria seca do primeiro corte (Veiga, 1986; Zago, 1991). Além destas características, a cultura tem sido recomendada para cultivo próximo a zonas urbanas, onde a cultura de milho está sujeita a retirada de espigas, resultando em grandes prejuízos à produtividade da cultura, uma vez que as espigas representam cerca de 40 a 50% da matéria seca do milho, e sendo grande responsável pela qualidade nutricional da planta (Zago, 1991, Carvalho, 1996).

Desta forma, a cultura do sorgo recebe grande destaque como estratégia no abastecimento de forragem na cadeia produtiva animal, contribuindo para o crescimento da atividade através da garantia da oferta de alimento de qualidade e de menor custo, e como consequência, elevando a competitividade da atividade pecuária brasileira.

Portanto, melhorias objetivando a produção de plantas superiores vêm sendo realizadas por entidades especializadas como a EMBRAPA MILHO E SORGO, com o objetivo de selecionar plantas com as características ideais, como, produção de matéria seca, altura da planta, produção e proporção de colmo, panículas e folhas, teores de taninos, tolerância à seca e pragas e porcentagem de acamamento. Além destas características, avaliações de desempenho animal, digestibilidade e consumo são de grande importância para a seleção dos melhores cultivares (Zago, 1991; White et al., 1991). Este trabalho teve como objetivos a avaliação do perfil de fermentação, a determinação da

composição química e a determinação dos valores de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca de seis genótipos de sorgo de colmo seco em condições experimentais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Dados agrônômicos

#### 2.1.1. Considerações sobre a cultura do sorgo

Da tribo das andropógenas, o *Sorghum bicolor* (L.) Moench, é uma gramínea de origem africana, que apresenta características agrônômicas singulares, normalmente apresenta de 85 a 90% do valor nutritivo do milho (White, 1991; Alvarenga, 1994; Borges, 1995). Características morfo-fisiológicas conferem à planta maior resistência à seca, isto devido ao seu sistema radicular fibroso e extenso, que possui o dobro de raízes secundárias, quando comparado ao sistema radicular do milho, ritmo de respiração eficaz e características foliares das plantas xerófitas, como folhas cerosas, com uma camada de cutícula grossa, possuindo ainda células motoras, que permitem o enrolamento rápido sob condições severas, e o fechamento dos estômatos sob condições adversas, evitando desta forma perda de água por transpiração (Paul, 1990), todas estas características permitem que a planta tolere precipitações mínimas anuais de até 450 mm.

Apesar disso, essa cultura é exigente em condições de umidade de solo em dois estágios, que são primordiais para o desenvolvimento da planta. O primeiro vai de 20 a 25 dias após a germinação da planta, e o segundo correspondente à fase de polinização e enchimento dos grãos, compreendida entre 50 a 60 dias após a germinação (Antunes, 1979). A temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura situa-se entre 26 a 30°C, sendo que durante a fase de florescimento a temperatura média diária deve ser superior a 18°C (Antunes, 1979). Apesar destas exigências de temperatura e umidade, atingindo o desenvolvimento pleno, quando tais aspectos são atendidos, tal cultura adapta-se bem às condições semi-áridas e sub-úmidas melhor que os demais cereais (Baruqui, 1979).

Avaliando as características agrônômicas médias de quatorze cultivares de sorgo e onze cultivares de milho, quanto à produtividade de matéria seca, produção por área e peso de plantas, apesar da grande variação, Schmid et al. (1976) constataram similaridade entre as culturas. Sendo relatada também, por estes autores, grande variação das culturas em relação à composição das plantas. Destacando-se neste aspecto a silagem de milho, em relação a silagem de sorgo, com maiores médias de folhas e espigas, 21% e 40%, respectivamente, e menor média de colmos, 35%.

Diferenças agrônômicas distinguem os sorgos em: sorgo forrageiro, com porte alto (2,0 a 3,0 m), alta produção de matéria verde por hectare e com menor produção de grãos, apenas 10% da sua composição e ciclo fenológico mais longo em média (ensilagem com 110 dias). Sorgo de duplo propósito ou porte médio, com produções intermediárias de grãos e de forragem, apresentando de 20 a 30% de grãos em sua constituição. Sorgo granífero, menor porte (1,0 a 1,6 m) e com baixa proporção da parte vegetativa resultando em baixas produções de matéria verde, porém apresenta alta produção de grãos, com até 60% de grãos, e com o ciclo mais curto (100 a 115 dias) (White et al., 1991; Cândido, 2000).

Os grãos funcionam como reserva de energia na forma de amido para planta na época de brotação, este amido é formado por duas moléculas principais, amilose e amilopectina. De acordo com Hart (1990), as silagens de sorgo podem apresentar até 35% de grãos na matéria seca, Borges (1995) ao trabalhar com as silagens de quatro genótipos de sorgo relatou valores de amido variando de 12% a 13% da matéria seca.

A quantidade de grão presentes na planta é determinada pela porcentagem de panícula na matéria seca da forrageira. Ao trabalhar com sorgo de duplo propósito Araújo (2002) relatou porcentagens de panícula na matéria seca, de 38,63% a 43,66%. Ferreira (2005) ao avaliar as silagens de seis genótipos de sorgo forrageiro encontrou uma média de 49,60% de panícula na matéria seca. O trabalho de Silva (1996) confirma o que foi relatado por esses autores, pois ao avaliar treze genótipos de sorgo de porte baixo, médio e alto, este encontrou que materiais de porte médio e baixo, apresentaram maiores

porcentagens de grãos, isto é, panículas, em relação aos de porte alto.

O acamamento é uma característica extremamente indesejável na cultura de sorgo, sendo responsável pelo aumento do custo de produção da silagem, devido à perdas no campo e aumento na mão de obra. Molina (2000) relatou uma correlação de 0,27 entre a altura da planta e a porcentagem de acamamento. Brito (1999) por sua vez não relatou correlação significativa entre acamamento e altura da planta. Segundo Corrêa (1996), o acamamento só ocorreu de forma significativa nas duas últimas semanas de maturação (128 e 135 dias após o plantio), mesmo assim somente para o híbrido de porte alto.

A viabilidade econômica da cultura dentro do sistema de produção é determinante para o sucesso ou fracasso da atividade, por isso, a avaliação da produtividade da forragem a ser utilizada para a confecção da silagem é de extrema importância, pois de acordo com Valente (1992), produções de matéria verde inferiores a 40 toneladas por hectare são economicamente inviáveis. Molina (2000), ressalta que genótipos de porte baixo, por apresentarem menores produções de matéria seca, devem ser avaliados quanto a sua viabilidade econômica para a produção de silagem.

Dentre as avaliações enquadram-se a produção de matéria verde e de matéria seca, esta última mais importante, pois trata-se da fração do alimento que o animal realmente irá consumir, pois é nesta parte que encontram-se os nutrientes da forrageira sem a interferência de umidade.

Estes índices podem sofrer interferência de uma grande variedade de fatores, como o tipo de híbrido utilizado, época de plantio, adubação empregada, tipo de solo, clima, estágio de desenvolvimento, dentre outros fatores. Segundo Baruqui (1979) a cultura de sorgo desenvolve-se em uma grande variedade de solos, tolerando variações na fertilidade e no equilíbrio dos nutrientes do solo, porém a produtividade decresce a medida que a fertilidade decresce e os nutrientes no solo estejam desequilibrados.

Avaliando silagens de sorgo em estágio de grão pastoso, Esmail et al. (1991), encontraram uma

produção de 12,3 toneladas de MS/ha. Carvalho et al. (1992) encontraram produções de 13,5; 13,89 e 14,32 toneladas de MS/ha, ao analisarem silagens de sorgo no estágio de maturação de grão leitoso, farináceo e duro, respectivamente.

Pereira et al. (1993) e Genro et al. (1995) avaliando os genótipos AG2004E, AG2002 e AG2005E, encontraram produções de 16,6; 18 e 14,6 toneladas de MS/ha, e de 10,14; 9,71 e 5,5 toneladas de MS/ha, respectivamente.

Em materiais testados pelo “Ensaio Sulriograndense de Sorgo Silageiro – 97/98”, Noemberg et al. (1999) encontraram valores de produção de matéria verde e de matéria seca, variando de 11,43 a 32,5 toneladas por hectare e de 2,44 a 7,24 toneladas por hectare, respectivamente.

Gomide et al. (1987) trabalhando com sorgos graníferos e forrageiros, relatou valores de produtividade de matéria seca de 8,1 a 11 toneladas por hectare e de 11,3 a 18,4 toneladas por hectare, respectivamente. Silva (1997) relatou produtividades médias de matéria seca variando de 9,15 a 11,22 toneladas por hectare. Segundo Corrêa (1996) a produção de matéria seca/ha de dois genótipos de duplo propósito e de um híbrido forrageiro aumentou com o estágio de maturação, com os maiores valores encontrados nos estádios de grão pastoso e farináceo.

A produtividade da cultura pode ser aumentada quando as condições de fertilidade da área destinada ao plantio do sorgo são levadas a um nível ótimo. De acordo com Santos (1996), a adubação aumentou a produtividade média do sorgo de 6,7 toneladas de MS/ha para 14 toneladas de MS/ha. Promovendo também um aumento significativo da porcentagem de panículas produzidas, refletindo diretamente nos teores das frações fibrosas, de consumo e de digestibilidade. Assim como na produtividade média de NDT, que aumentou de 4,4 toneladas por hectare para 9,3 toneladas por hectare, representando um aumento médio de 111%. Em relação ao tratamento sem adubação, o custo médio de NDT produzido reduziu 8%.

Zago (1991) estabeleceu uma relação direta entre a altura da planta com o potencial de produção

de matéria seca e com as proporções de folha, colmo e panículas. De acordo com este autor, a porcentagem de panícula tende a diminuir com o aumento da altura da planta, sendo esta diminuição menos acentuada em genótipos de porte médio e baixo, quando comparados aos de porte alto. Zago et al. (1989) ao analisarem o desempenho de vacas alimentadas com sorgo de diferentes portes, baixo (altura média: 2 m), médio (altura média: 2,3 m) e alto (altura média: 3,4 m), relataram que os animais que consumiram dietas com sorgos de porte baixo e médio, obtiveram melhor desempenho, em relação aos animais alimentados com sorgo de porte alto. A adequação das exigências dos animais ao tipo de dieta, é de grande importância a fim de se evitar perdas de produtividade e, principalmente, econômicas. A determinação de tal exigência auxilia na escolha do tipo de sorgo a ser utilizado. Isso devido às diferenças entre as proporções, folha, colmo e panícula, encontradas nos diferentes genótipos, assim como as diferenças entre a distribuição dos nutrientes nestes componentes.

Diferentes coeficientes de digestibilidade “*in vitro*” da MS, foram relatados por Neumann et al. (2002), para as porções, panícula e colmo mais folha, de 68,20% e 56,03%, respectivamente. Tais autores concluíram que a panícula é responsável pelo incremento nos teores de MS, PB e DIVMS da silagem, assim como decréscimos dos teores de FDN, FDA e lignina mais cinzas. Rocha Júnior et al. (2000b) afirmaram que os teores de DIVMS estiveram mais ligados à presença de maiores proporções de folhas nos genótipos na época de ensilagem, e com menores teores de lignina. Cummins (1981) relatou estabilidade dos teores de DIVMS do colmo em função da maturidade e correlacionou negativamente os teores de DIVMS e FDA, presentes no colmo, enquanto a correlação não foi significativa, para as folhas.

Portanto, concluiu-se que uma outra maneira de aumentar a digestibilidade das silagens de sorgo seria através do desenvolvimento de genótipos com menores conteúdos de FDA no colmo. Conclusão valiosa para genótipos de porte médio e alto, pois nestas plantas, as porcentagens de colmo podem alcançar 50% na MS.

### **2.1.2. Influência dos teores de Matéria Seca (MS) sobre a qualidade da silagem**

Dentre os fatores que influenciam a qualidade da silagem, teores adequados de matéria seca são um dos principais determinantes para um bom processo fermentativo, que resultará em uma silagem de boa qualidade, além de estar diretamente relacionado com o consumo voluntário.

Elevados teores de umidade propiciam processos fermentativos indesejados, além de oferecer maior resistência à diminuição do pH. Deste modo, quanto menor o teor de matéria seca, menor terá que ser o pH, a fim de inibir o aparecimento de uma microbiota indesejável, assim como, proteólise e produção de ácido butírico. Já em silagens com altos níveis de matéria seca, acima de 35%, o pH apresenta menor importância (Van Soest, 1994). Segundo este mesmo autor, a acidificação do meio é inibida pela falta de água, sendo que o pH de silagens com elevado teor de matéria seca é inversamente correlacionado com o teor de água.

A produção de efluentes nas silagens acarretam grandes perdas no valor nutricional das silagens, pois solubilizam e carregam para fora do silo substâncias de alta digestibilidade, açúcares, ácidos orgânicos e substâncias importantes para o processo fermentativo. Geralmente, a perda de nutrientes solúveis em água, leva ao aumento proporcional dos nutrientes insolúveis em água, principalmente, os constituintes da parede celular. Tal produção de efluentes pode ser diminuída a medida que se aproxima de valores adequados de matéria seca, além disso, silagens com maiores teores de umidade têm maiores custos de transporte por quilograma de matéria seca transportada (McDonald et al., 1991).

Do mesmo modo que teores insuficientes de matéria seca, provocam perdas no material ensilado, teores elevados de matéria seca, acima de 45%, não propiciam um bom processo de compactação do material no silo, dificultando desta forma a expulsão do oxigênio, criando um ambiente de aerobiose, permitindo uma respiração prolongada do material provocando perdas de matéria seca através dos carboidratos rapidamente fermentáveis. A presença de oxigênio na massa ensilada, gera calor pela

oxidação da glicose, aumentando a formação de produtos de Maillard, incluindo o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (Muck, 1988). A reação de Maillard leva a perdas energéticas na silagem e perda de substratos para a fermentação láctica.

Paiva (1976) ao avaliar silagens de milho e de sorgo da região metalúrgica do estado de Minas Gerais, determinou que teores ideais de matéria seca, estariam em torno de 30 a 35% de MS, para que uma silagem seja classificada como de boa qualidade, e para o favorecimento de um bom processo fermentativo, já McDonald et al. (1991) citam que valores de matéria seca devem ser superiores a 25%, evitando-se deste modo perdas por efluentes. No entanto Meskee et al. (1993) obtiveram boas silagens de sorgo, com teores de matéria seca entre 20 a 29%.

Na planta de sorgo, o teor de matéria seca varia de acordo o estágio de maturação, proporção de diferentes partes e tipo de colmo. Ao trabalhar com três genótipos de sorgo, Corrêa (1996), avaliou-os em cinco diferentes épocas de corte, observando gradativo aumento da percentagem de matéria seca com o avanço do estágio de maturação, atingindo o ponto ideal de ensilagem entre 21 e 28 dias, após o florescimento, correspondendo ao estágio de grão leitoso/pastoso a pastoso para os três genótipos.

Além disso, os teores de matéria seca variam também de acordo com a natureza do colmo do sorgo. Genótipos de colmo seco, geralmente, elevam mais rápida e precocemente seus teores de matéria seca com o avanço da maturação. Zago (1991) trabalhando com dois genótipos de sorgo, AG2002 (colmo suculento) e AG2005E (colmo seco), relatou que os teores de matéria seca para os estádios de maturação leitoso, pastoso, farináceo e duro, foram de, 21,1; 24,9; 30,9 e 29,3%, para o primeiro híbrido, e de, 29,1; 33,4; 38,7 e 48,9%, para o segundo híbrido. Borges (1995) e Nogueira (1995) afirmam que os teores de suculência do colmo não influenciaram os padrões de fermentação das silagens dos diversos híbrido estudados, pois os genótipos de colmo seco não apresentaram maiores valores de matéria seca em relação aos genótipos de colmo suculento.

### 2.1.3. Efeitos da ensilagem sobre o nitrogênio

A classificação de uma silagem como de boa qualidade, envolve muitos fatores que influenciam diretamente na sua confecção, e para que este produto seja adequado à alimentação animal deve-se criar condições favoráveis para que haja uma fermentação láctica adequada, promovendo desta forma, rápida queda do pH do material ensilado, com conseqüente inibição da microbiota proteolítica. A qualidade da silagem está diretamente relacionada com os teores de nitrogênio amoniacal, que devem ser baixos, sendo esta fração nitrogenada representada principalmente por aminoácidos. Duas situações podem ser descritas em silagens de baixa qualidade, em silagens com altos teores de umidade, devido aos altos teores desta, a produção de grandes quantidades de compostos nitrogenados (amônia e aminas), assim como a produção de ácido butírico, é favorecida, devido a processos fermentativos indesejados por bactérias do gênero *Clostridium* spp. Já em silagens com baixos teores de umidade, isto é, com teores de matéria seca acima do ideal, a atividade fermentativa é inibida, permitindo a atividade de fungos e produção de calor, aumentando a quantidade de nitrogênio ligado à fibra (Van Soest, 1994).

A atividade proteolítica das fito-enzimas tem início logo após o corte e é determinada por quatro fatores: pH, tempo de ensilagem, conteúdo de matéria seca e temperatura. A redução do pH da massa ensilada reduz significativamente o processo proteolítico, mas não o elimina completamente, pois ainda em pH 4 pode-se detectar atividade proteolítica (Henderson, 1993). O conteúdo de matéria seca também interfere na atividade, pois está intimamente ligado a velocidade de queda do pH e a atividade das bactérias ácido lácticas (Muck, 1988). A produção de calor é controlada, geralmente, pela taxa de respiração da planta, portanto, medidas de manejo adequados, como enchimento rápido e eficiente, compactação bem realizada e boa vedação, são de extrema importância para a obtenção de uma silagem de boa qualidade. As proteases das enzimas da planta agem em um intervalo de temperatura que vai de 10 a 40°C (McDonald et al., 1991).

Com condições como alto poder tampão da forrageira e baixos teores de matéria seca, após o término da atividade das proteases, tem início a

atividade de microrganismos proteolíticos, dos gêneros *Clostridium* e *Pseudomonas*, desenvolvendo um processo fermentativo que não tem como produto final o ácido lático, mas que irá consumir o ácido lático e ácido acético produzidos anteriormente, para a produção de ácido butírico. Esta fermentação leva ao aumento do pH da massa ensilada. Este processo de proteólise tem como produtos finais, através da deaminação de aminoácidos, isoácidos e diaminas como histaminas, cadaverinas e putrescinas. A degradação da fração protéica resulta também em perdas energia fermentável das silagem, dissipando energia e ATP que seriam utilizados pela microbiota rumenal. Em silagens de boa qualidade, aminoácidos constituem a maior parte da fração nitrogenada não protéica (Van Soest, 1994).

#### **2.1.4. Efeitos da Fermentação sobre os Carboidratos Solúveis e Frações Fibrosas**

Glicose, frutose, galactose, frutanas e sacarose constituem os principais carboidratos solúveis das forrageiras, estes são armazenados principalmente nos colmos, variando em média de 5 a 6% nos sorgos graníferos comuns, até 21% em sorgos sacarinos (Zago, 1991). O avanço da maturação da planta leva ao maior acúmulo de carboidratos solúveis, principalmente na concentração de frutanas. Fatores como clima, variações do fotoperíodo e níveis de fertilização são apontados também, como causadores de variação nas concentrações de carboidratos solúveis (McDonald et al., 1991).

Gourley e Lusk (1978) afirmam que o mínimo necessário de carboidratos solúveis para que haja um processo fermentativo de boa qualidade, está entre 6 a 8%, evitando-se fermentações indesejáveis. Já Haigh (1990) estabelece um mínimo de 3,6% de carboidratos solúveis para manter o pH e os níveis de nitrogênio amoniacal, baixos. Ao trabalharem com sete genótipos de sorgo Borges (1995) e Brito (1999) relataram valores de carboidratos solúveis de 14,08% a 19,85% e de 2,19% a 16,50% no material original. Ambos autores ainda observaram o consumo quase que total dos conteúdos de carboidratos solúveis nos primeiros sete dias de ensilagem, havendo a partir deste

dia, estabilização das concentrações de carboidratos.

No processo de fermentação a quantidade final de ácido lático produzida, pode em algumas situações exceder a quantidade prevista. Isto devido a utilização de outras substâncias como substratos para o processo fermentativo. De acordo com Van Soest (1994), amido, pectina e hemiceluloses, normalmente não são utilizados como substratos para as bactérias produtoras de ácido lático, mas podem ser utilizados em vários graus por outras bactérias promovendo um aumento do pH da massa ensilada. De acordo com Muck (1988) as hemiceluloses são a principal fonte adicional de substrato, ocorrendo consumo de até 40% desta fração.

Além das hemiceluloses, a celulose, pectina e lignina, constituem os carboidratos estruturais da parede celular. Estas frações são importantes para o funcionamento adequado do ambiente ruminal, interferindo também, diretamente nas taxas de consumo e de digestibilidade das forrageiras (Buxton, 1996). Quando comparada aos carboidratos solúveis, a extensão da degradabilidade das frações fibrosas é sabidamente menor, devido a presença de fatores químicos e físicos que interferem diretamente nestes parâmetros. Dentro destes fatores, os conteúdos de lignina, que aumentam com o avançar da maturidade da planta, possuem um destaque maior, pois este constituinte age como uma barreira física a ação das enzimas microbianas, além de possuírem um efeito tóxico à microbiota ruminal (Jung, 1989).

De acordo com Fritz et al. (1988) e Correa (1996) as concentrações de lignina interferiram negativamente na degradabilidade das silagens, sendo considerados por estes autores a principal causa para esse efeito negativo.

Programas de melhoramento genético vêm sendo realizados com o intuito de reduzir os teores de lignina presentes nas plantas, para que haja um maior aproveitamento destas pelos animais, porém, verifica-se que há um limite para a diminuição deste composto. Plantas com teores baixos de lignina apresentam características indesejáveis como, maior facilidade de acamamento, maior susceptibilidade a doenças e menor produção de matéria seca por hectare (Buxton, 1996).

### 2.1.5. Qualidade da silagem

A preservação das características originais, principalmente do valor nutricional de uma determinada forrageira, é o principal objetivo do processo de ensilagem. Para isso, a atenção ao processo de fabricação da silagem deve ser máxima, evitando-se perdas dentro do silo, por ensilagem de material fora do ponto de maturação ideal, realização de uma compactação ineficiente, dentre outros fatores, que podem impedir a obtenção de uma silagem de boa qualidade, devido a perdas dos constituintes de elevado valor nutricional.

Os teores de matéria seca, digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca, pH, conteúdos de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, e o conteúdo de ácidos orgânicos (acético, butírico e láctico), são o parâmetros rotineiramente avaliados para a determinação da qualidade de uma silagem. A determinação dos teores das frações fibrosas torna-se importante, na qualidade da silagem, devido ao fato de influenciarem no consumo e na digestibilidade da forrageira (Van Soest, 1994).

O conteúdo de matéria seca está intimamente relacionado com a qualidade final de uma silagem, pois a ensilagem de materiais fora de seu estágio ideal de maturação, leva a perdas dentro do silo, por processos fermentativos indesejados. Silagens com baixos teores de matéria seca, isto é, altos teores de umidade, favorecem a fermentação clostridiana, resultando em um produto final com altos teores de amônia, amida e ácido butírico. Altos teores de umidade também levam a formação de grandes quantidades de efluentes, e na redução do consumo destas silagens, devido a sua menor palatabilidade. Já em silagens com altos teores de matéria seca, a fermentação bacteriana é inibida e a atividade dos fungos, favorecida. Devido ao metabolismo aeróbico destes microrganismos, há um aumento na produção de calor possibilitando a ocorrência de reação de Maillard, resultando em uma queda na digestibilidade de carboidratos e proteínas (Van Soest, 1994).

A avaliação dos conteúdos de amônia (N-NH<sub>3</sub>/N total), indica a extensão da proteólise promovida por microrganismos do gênero *Clostridium* dentro do silo. De acordo com o AFRC (1987) conteúdos maiores que 15% de nitrogênio amoniacal, é indicativo de proteólise extensa durante o processo fermentativo.

A presença de quantidades adequadas de ácido láctico dentro do silo é de extrema importância para a estabilidade do pH da silagem, inibindo a proliferação de microrganismos indesejáveis, e resultando em um produto final de boa qualidade. A acidificação do meio é inibida pela ausência de água, sendo o pH inversamente proporcional ao teor de água, tornando este critério menos útil em silagens com mais de 35% de MS, portanto, em pH elevados estas silagens podem ser consideradas como sendo de boa qualidade (Van Soest, 1994; McDonald et al., 1991).

Alvarenga (1994) determina que para a avaliação do valor nutricional de uma silagem, além da determinação da composição química, a estimativa do consumo e da digestibilidade, também são necessárias, uma vez que a digestibilidade de uma forrageira está relacionada com seu valor energético. Os valores de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) apresentam alta correlação com os valores de digestibilidade “*in vivo*” (Tilley e Terry, 1963).

Dentre os ácidos orgânicos mais comumente relacionados com a qualidade da silagem, o ácido láctico, é o principal, devido a sua maior constante de dissociação em relação aos ácidos acético e butírico, sendo portanto, o maior responsável pela inibição do crescimento dos microrganismos indesejáveis. Ácidos acético e butírico, estão relacionados com valores finais de pH. Já a presença do último, está relacionado com processos ineficientes de fermentação, indicando uma má preservação da silagem, com valores de pH e porcentagem de N-NH<sub>3</sub>/NT elevados, resultado de fermentação clostridiana (McDonald et al., 1991). Na tabela 1 estão apresentados vários critérios de avaliação de silagens segundo vários autores.

**Tabela 1- Parâmetros utilizados para qualificação das silagens**

Parâmetros	Muito Boa	Boa	Média	Ruim
MS <sup>1</sup> (%)	35,0- 30,0	30,0- 25,0	25,0- 20,0	< 20,0
pH <sup>1</sup>	< 3,8	3,8- 4,2	4,2- 4,6	> 4,6
N-NH <sub>3</sub> <sup>2</sup> (% NT)	< 10,0	10,0- 15,0	15,0- 20,0	> 20,0
DIVMS <sup>3</sup> (%)	> 65,0	65,0- 55,0	55,0- 40,0	< 40,0
Ac. Láctico <sup>4</sup> (mg%)	> 5,0	3,0- 5,0	2,0- 3,0	< 2,0
Ac. Acético <sup>4</sup> (mg%)	< 2,0	2,0- 2,5	> 2,5	-
Ac. Butírico <sup>4</sup> (mg%)	< 0,1	0,1- 0,2	0,2- 0,4	> 0,4

<sup>1</sup>Paiva (1976); <sup>2</sup>ARFC (1987); <sup>3</sup>Borges (1995); <sup>4</sup>Nogueira (1995)

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), sendo dois destes cultivares, BR 700 e BRS 610, genótipos comerciais, enquanto os demais, 0249311, 0249313, 0249345 e 0249351, novos genótipos desenvolvidos pela EMBRAPA MILHO E SORGO, foram plantados em 11 de novembro de 2002 nas dependências da EMBRAPA MILHO E SORGO, localizada no município de Sete Lagoas, Minas Gerais, km 65 da MG 424, entre as coordenadas 19° de Latitude Sul e 44° de Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 732 metros.

O plantio foi realizado obedecendo a um espaçamento entre linhas de 0,7 metros, sendo realizada adubação NPK com 350 kg/ha da fórmula 8:28:16, mais zinco (Zn) no plantio, recebendo também adubação de cobertura com 100 kg/ha de nitrogênio.

Foi considerada parcela útil, dentro de cada canteiro, duas fileiras de cinco metros, que foram cortadas para a confecção dos silos.

A colheita do material foi realizada em 20 de fevereiro de 2003, o material foi ensilado e levado ao Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, onde permaneceram à temperatura ambiente até a abertura.

Os materiais foram avaliados em sete períodos, avaliou-se também a planta antes de sofrer o processo de ensilagem, designado de material original (MO), perfazendo desta maneira oito períodos de avaliação da forragem. Os sete

períodos de avaliação foram as diferentes de abertura dos silos, que foram com: 1; 3; 5; 7; 14; 28 e 56 dias após a ensilagem.

#### 3.1. Ensilagem

Para a avaliação da qualidade e do perfil de fermentação das silagens dos genótipos de sorgo, estes foram colhidos manualmente, a 20 cm do solo, em estágio leitoso-pastoso, aos 101 dias após do plantio. Após a colheita, o material foi picado em picadeira estacionária Nogueira, modelo DPM-4, em partículas de 2 cm de tamanho médio, homogeneizado manualmente e ensilado imediatamente.

Foram utilizados 15 silos, feitos de “PVC”, por híbrido, o que totaliza 90 silos (nos dias 1; 3; 5; 7; 14 e 28, dois silos por híbrido; no dia 56 foram três silos por híbrido). Cada silo de “PVC” tinha 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. A compactação do material foi feita com soquete de madeira, de modo a se conseguir uma densidade entre 500 a 600 kg/m<sup>3</sup>, e o fechamento dos silos com tampas de “PVC” dotadas de válvulas tipo “Bunsen”, de modo a permitir o escape dos gases da fermentação. Os silos foram lacrados com fita crepe após o seu fechamento, e foram pesados no momento da ensilagem e no dia da sua abertura. No momento da ensilagem foi coletada uma amostra que representava o material original, para posterior análise.

#### 3.2. Abertura dos silos e preparo das amostras

Os silos foram abertos com um, três, cinco, sete, 14, 28 e 56 dias após a ensilagem. Antes da

abertura, os silos foram devidamente pesados, e posteriormente, todo material foi retirado e homogeneizado em uma bandeja metálica limpa e seca. Uma parte foi pesada e levada à estufa de ventilação forçada em bandejas de alumínio, por 72 horas. Após ser retirada da estufa, foi mantida por 24 h a temperatura ambiente, e pesada para a determinação da matéria pré-seca a 65°C (AOAC, 1980). Uma quantidade significativa de forragem foi retirada, acondicionada em sacos plásticos e congelada como contra prova em Freezer a -10°C. O restante foi prensado em prensa hidráulica Carver, modelo C, para a extração do suco de silagem que foi usado para a determinação dos teores de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>/NT), pH e ácidos orgânicos. O teor de N-NH<sub>3</sub>/NT foi dosado após a extração do suco por destilação com cloreto de cálcio e óxido de magnésio, utilizando-se ácido bórico com solução receptora e ácido clorídrico para a titulação. O pH foi medido em potenciômetro “Beckman Expandomatic SS-2” com escala expandida. Para a avaliação dos teores de ácidos orgânicos da silagem foram coletados 10 ml do suco, adicionando-se a este 2 ml de ácido metafosfórico (diluição 5:1 – suco:ácido metafosfórico) em recipientes com tampas, devidamente identificados, que foram congelados, para posterior análise dos teores de ácidos orgânicos (lático, propiônico, acético e butírico) por cromatografia gasosa em cromatógrafo da marca Shimadzu GC-17<sup>a</sup>, usando-se coluna capilar Nukol empacotada de dez metros de comprimento e diâmetro de ¼ de polegada com Cromosorb 101 (80 – 100 mesh) como fase estacionária. Obtidos os valores de matéria pré-seca, os materiais foram moídos em moinho tipo Tomas-Willey, modelo 4, com peneira de 1 mm, e acondicionados em frascos de polietileno dotados de tampa, para análises laboratoriais posteriores.

A partir das amostras pré-secas foram determinados os teores de matéria seca em estufa a 105°C (AOAC, 1980), proteína bruta (Método de Kjeldhal, segundo o AOAC, 1980), carboidratos totais solúveis em álcool (Bailey, 1967), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Tilley e Terry, 1963) e componentes da parede celular pelo método sequencial (fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, celulose, hemiceluloses e lignina) utilizando o aparelho ANKON (Van Soest, 1991).

### 3.3. Análise Estatística

Adotou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado. O material original (MO) e o dia 56 de ensilagem possuíam três repetições por genótipo, enquanto que os demais períodos de ensilagem, um, três, cinco, sete, 14 e 28 dias, possuíam duas repetições por genótipo. Para a avaliação das variáveis de MS, PB, Frações Fibrosas, DIVMS, CHO, foi adotado o esquema fatorial 6 x 6, enquanto que para as variáveis, pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos, foi utilizado o esquema fatorial 5 x 6, já que estas variáveis são analisadas somente no material ensilado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância usando o software SAEG 8.0 e as médias foram comparadas utilizando-se o teste SNK (“Student Neuman Keuls”) ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados foram analisados conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + G_j + DG_{ij} + e_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = observação “K” no genótipo “i” submetido a abertura do dia “j”;

$\mu$  = média geral;

$D_i$  = efeito do dia de abertura “i”, (i= 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, para as variáveis analisadas no material original (0) e silagens (1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 dias de fermentação, respectivamente);

$G_j$  = efeito do híbrido “j”, (j = 1, 2, 3, 4, 5 e 6);

$DG_{ij}$  = efeito da interação do dia de abertura “i” com o híbrido “j”;

$e_{ijk}$  = erro experimental.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Composição química do material original e das silagens dos genótipos de sorgo

#### 4.1.1. Matéria seca (MS) do material original e das silagens dos genótipos de sorgo

Os teores de matéria seca (MS) observados nas amostras analisadas encontram-se na tabela 2. Não houve interação entre híbrido e período de abertura. Os valores de matéria seca do material original variaram de 24,6 a 37,51%, para o híbrido 0249311 e BR 700, respectivamente, apresentando valor médio de 28,42%. Para os genótipos BR 700, BRS 610, 0249345, 0249351, 0249313 e 0249311, os valores médios de matéria seca foram 39,49; 28,53; 26,98; 28,12; 35,49 e 26,77%, respectivamente. Sendo que o híbrido BR 700 foi superior estatisticamente ( $p < 0,05$ ) aos demais, seguido pelo 0249313, apresentando valores de 39,49 e 35,49% de MS, respectivamente.

De acordo com Paiva (1976) silagens para serem consideradas de boa qualidade devem ter de 30 a

35% de MS. Neste trabalho somente os genótipos BR 700, 0249313, 0249351 (no 14º dia de abertura) e o BRS 610 (no quinto dia de abertura), enquadraram-se nesta classificação. No entanto, McDonald et al. (1991) afirmaram que níveis adequados de carboidratos solúveis, associados a níveis de matéria seca superiores a 20% são suficientes para a produção de uma silagem de boa qualidade. Comprovando essa premissa Meeske et al. (1993) obtiveram silagens de sorgo de boa qualidade ao ensilarem este material com teores de matéria seca variando de 20 a 29%. No entanto, valores superiores a 35% de MS nas silagens, dificultam a compactação, proporcionando condições para o aquecimento e o desenvolvimento de fungos (McDonald et al., 1991).

Pesce (1998) estudando vinte genótipos de sorgo de porte médio e alto, encontrou valores médios de MS para o material original de 25,69% e para o material ensilado de 27,60%, valores inferiores aos encontrados, tanto para os materiais originais, quanto para o material ensilado, apresentando, 28,42 e 30,89% de MS, respectivamente. Bernardino (1996) encontrou valores médios para o material original e para o,

**Tabela 2 - Valores de matéria seca (MS) do material original (MO) e das silagens de seis genótipos de sorgo.**

Período <sup>2</sup>	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido<sup>1</sup></b>									
<b>BR 700</b>	37,51	37,29	40,17	41,14	39,58	40,01	41,07	39,23	39,49 <sup>A</sup>
<b>BRS 610</b>	25,83	26,59	28,57	31,02	29,40	29,37	29,09	28,42	28,53 <sup>C</sup>
<b>0249345</b>	24,74	25,61	28,56	27,05	27,11	28,20	27,88	26,76	26,98 <sup>C</sup>
<b>0249351</b>	26,66	26,81	28,62	27,70	28,30	30,15	29,10	27,64	28,12 <sup>C</sup>
<b>0249313</b>	31,21	33,81	33,75	35,12	37,24	38,73	38,05	36,07	35,49 <sup>B</sup>
<b>0249311</b>	24,60	24,90	27,48	27,67	28,08	27,09	27,48	26,92	26,77 <sup>C</sup>
<b>Média</b>	28,42 <sup>b</sup>	29,16 <sup>ab</sup>	31,18 <sup>a</sup>	31,61 <sup>a</sup>	31,61 <sup>a</sup>	32,25 <sup>a</sup>	32,11 <sup>a</sup>	30,84 <sup>a</sup>	30,89

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).

<sup>2</sup>Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (mesmo período).

Teste SNK, ( $p < 0,05$ ). CV= 8,317%

material ensilado, de 27,60% e 27,42%, respectivamente, quando trabalhou com genótipos de sorgo de porte médio ensilados no estádio de grão pastoso. Corrêa (1996) encontrou valores de 31,74% e de 27,56%, para o material original e as silagens, respectivamente, ao

trabalhar com silagens de sorgo colhido em estádio de grão leitoso/pastoso.

Nogueira (1995) avaliando a silagem de genótipos de sorgo de porte baixo com e sem taninos, de colmo seco e succulento, encontrou

variação nos teores de MS de 25,60% a 30,27%. Silva (1996) trabalhando com sorgos de porte alto, médio e baixo, relatou valores médios de 25,27%; 30,13% e 31,02% de MS, respectivamente. Pereira et al. (1993) relataram variações nos teores de MS de 23,6% a 33,4%, Resende (2001), 23,70% a 35,6% e Genro et al. (1995), 27,63% a 32,29%. Entretanto, Araújo (2002) trabalhando com sorgo duplo propósito, encontrou valores de MS superiores aos relatados pelo presente trabalho, obtendo 43,42% a 44,57% de MS.

Valores adequados de matéria seca a ensilagem, devem ser obedecidos, pois baixos teores de matéria seca propiciam a perda de nutrientes através da formação de efluentes, estes são constituídos por açúcar, ácidos orgânicos e outras substâncias importantes para o processo fermentativo (Muck, 1988), geralmente estas substâncias são solúveis em água, causando um aumento proporcional na fração menos fermentável, insolúvel, particularmente na fração constituinte da parede celular (Van Soest, 1994). Deste modo, valores adequados de matéria seca determinam o momento ideal para a ensilagem do material, evitando perdas dentro do silo.

De acordo com Pesce (1998), o teor de MS na silagem de sorgo varia com a idade de corte e a natureza do colmo da planta. Corroborando com a premissa de Pesce (1998), Silva (1996) obteve menores teores de umidade na constituição da planta de sorgo, ao avaliar cultivares de colmo seco. Genótipos de sorgo de colmo seco possuem cerca de 7,6% menos de umidade nesta estrutura, quando se encontra em estágio de maturação fisiológica do grão (Gourley e Lusk, 1978).

Idade de corte, natureza do colmo (suculência) e a proporção dos constituintes da forrageira (colmo, folha e panícula), influenciam no teor de matéria seca da planta de sorgo. Assim sendo, os valores de matéria seca obtidos podem estar relacionados com as características dos genótipos como relação folha, colmo e panícula bem como, com as condições climáticas referentes à época de plantio.

#### **4.1.2. Fração Nitrogenada do material original e das silagens dos genótipos de sorgo**

Os dados de proteína bruta do material original e das silagens dos genótipos estão dispostos na

tabela 3. Não houve interação entre os períodos de abertura dos silos. Para os genótipos, o 0249345, demonstrou maior teor protéico, seguido do híbrido BR700, sendo estatisticamente superior aos demais ( $p < 0,05$ ), com 7,31% e 6,72% de PB na MS, respectivamente.

A variação dos teores de proteína bruta nas silagens de diferentes culturas, assim como, em silagens de sorgo é grande. Variando de 6,83% a 8,5% para silagem de milho (Maia, 2001), 7,33 a 9,93% para silagem de girassol (Jayme, 2003) e de 9,68% a 11,32% para silagem de milho (Guimarães Júnior, 2003). Já para as silagens de sorgo os valores também apresentam grande variação, como se pode averiguar diante dos dados encontrados por vários pesquisadores. Molina (2000) analisando o valor nutricional das silagens de três genótipos de sorgo, colhidos em três diferentes estádios de maturação, relatou valores de 7,05% a 8,45% de PB na MS; Nogueira (1995) relatou valores de 8,71% a 10,66%, trabalhando com silagens de sorgo de porte baixo com e sem tanino e de colmo seco e succulento; Borges (1995) 7,70% a 8,23% PB; Pesce (1988) 7,41% a 9,47%; Rocha Júnior (1999) 4,90% a 10,29%; Ribeiro (2005) 5,86% a 8,05%.

Níveis mínimos de proteína bruta são necessários para a manutenção de um adequado padrão de fermentação ruminal, de acordo com Church (1988), estes níveis não devem ser inferiores a 7%. Tal nutriente constitui-se essencial para o ruminante, pois é fonte de aminoácidos e nitrogênio para a síntese de proteína microbiana, que por sua vez, é fonte de proteína para o ruminante, este a utiliza para a síntese de tecido e produção de leite. Dos genótipos avaliados, somente o BR 700 e BRS 610, apresentaram valores inferiores aos 7% preconizados por Church (1988), ao final do processo fermentativo.

De acordo com Van Soest (1994), a porcentagem de proteína bruta não apresenta grande variação durante o processo de ensilagem, apesar de que as diferentes frações nitrogenadas podem ter suas proporções alteradas. Como pode ser o observado na tabela 3, os valores de proteína bruta permaneceram constantes durante o processo de ensilagem.

Andrade e Carvalho (1992), ao analisarem o estágio de maturação da planta de sorgo, constataram que ocorre pouca alteração na porcentagem de PB entre os estádios de grão leitoso, farináceos e duros. Assim como, Esmail et al. (1991) trabalhando com sorgo consorciado com soja, não observaram alterações dos níveis protéicos em decorrência do estágio de maturação. Já, Meeske et al. (1993) e Tonani (1995), mostraram redução nos níveis protéicos com desenvolvimento da planta. Esta redução dos teores protéicos pode em parte ser explicado pela redução dos níveis protéicos das frações folha e colmo, devido à mobilização destes para a formação de panículas (Ferraris e Charles-Edwards, 1986).

Estudando a influência das diferentes proporções das frações, panícula, folha e colmo, no teor protéico das silagens, Silva (1997), constatou que estas só atenderam ao nível de mínimo de 7% de PB na MS quando a proporção de panícula no material ensilado foi superior a 40%. Corroborando com as recomendações de Nússio

(1991) de 40 a 50% de grãos na MS da silagem para que se obtenha uma forragem de boa qualidade.

Os resultados de proteína bruta por si só, não são conclusivos, no que diz respeito ao valor nutricional da silagem, devendo pois, ser avaliados criteriosamente, devido ao fato que tais resultados não levam em conta as alterações na fração nitrogenada, que de acordo com McDonald et al. (1991), ao final do processo fermentativo, podem ser significativas. Foram avaliados os teores de nitrogênio amoniacal dos sucros das silagens, possibilitando a avaliação do grau de proteólise, conforme pode ser visto na tabela 4. Ao observar-se a tabela, pode-se constatar que somente o híbrido BRS 610 apresentou valor superior aos demais ( $p < 0,05$ ), de 3,31% de  $N-NH_3/NT$ , enquanto os demais genótipos apresentaram valores médios que variaram de 1,25 % a 1,55%, sendo o menor valor de nitrogênio amoniacal do híbrido 0249311 e o maior valor, do híbrido 1,52%, para o BR 700, respectivamente.

**Tabela 3 - Valores de proteína bruta do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca**

Período	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido<sup>1</sup></b>									
<b>BR 700</b>	7,51	6,66	6,58	6,77	6,88	6,37	6,54	6,41	6,72 <sup>B</sup>
<b>BRS 610</b>	6,49	5,91	6,21	6,44	6,39	6,73	6,38	5,76	6,29 <sup>C</sup>
<b>0249345</b>	7,43	7,03	7,23	7,06	7,22	7,75	7,21	7,58	7,31 <sup>A</sup>
<b>0249351</b>	7,46	6,55	7,46	6,79	7,41	6,54	7,25	7,28	7,09 <sup>AB</sup>
<b>0249313</b>	7,61	7,19	7,00	6,93	6,58	7,21	7,23	7,06	7,10 <sup>AB</sup>
<b>0249311</b>	7,09	6,99	7,05	7,10	6,87	7,18	7,42	7,39	7,13 <sup>AB</sup>
<b>Média</b>	7,27	6,72	6,92	6,85	6,89	6,96	7,01	6,91	6,94

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).  
Teste SNK, ( $p < 0,05$ ). CV= 7,815%

Os valores de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3/NT$ ) estão dispostos na tabela 4. Neste experimento as silagens apresentaram no dia 56 de abertura, variação de 1,57% a 5,00% de  $N-NH_3/NT$ , com média dos genótipos de 2,36%. Sendo observados, no último dia de abertura, valores de: 1,57%; 1,76%; 1,77%; 2,02%; 2,07% e 5,00% de  $N-NH_3/NT$ , para os genótipos 0249311, 0249345, 0249313, BR 700, 0249351 e BRS 610, respectivamente.

Valores superiores foram observados nas silagens por Rocha Jr. et al. (2000a) com 56 dias que variaram de 3,8% a 6,3%, Silva (1996), de 3,81% a 7,71%. Silva (1997) obteve média do tratamento planta inteira de 4,88%; Brito (1999) ao avaliar as silagens de sete genótipos de sorgo, obteve valores de 3,80% a 7,70% de  $N-NH_3/NT$ ; Araújo (2002), de 5,29%.

Ao avaliar silagens de sorgo, com 56 dias de ensilagem, de cultivares de porte baixo com ou sem tanino, de colmo seco ou suculento

Nogueira (1995) relatou valores de nitrogênio amoniacal variando de, 1,5% a 2,18% de N-NH<sub>3</sub>/NT. Bernardino (1996) ao trabalhar com silagens de sorgo com 56 dias de ensilagem, encontrou valores mínimos de nitrogênio amoniacal de 1,71%, máximos de 2,09% de N-NH<sub>3</sub>/NT.

De acordo com McDonald et al. (1991), em vários estudos publicados, os teores de N-NH<sub>3</sub>/NT são expostos como uma medida direta da extensão da proteólise ocorrida dentro do silo, no entanto, a afirmação é equivocada já que os teores de nitrogênio amoniacal são somente indicativo da extensão da quebra de aminoácidos, podendo ocorrer proteólise intensa sem que haja aumento nos valores de N-NH<sub>3</sub>/NT.

Oshima e McDonald (1978), AFRC (1987) e Henderson (1993) afirmam que conteúdo máximo de N-NH<sub>3</sub>/NT, de 8 a 11%, é indicativo de um processo fermentativo eficiente, e que valores superiores a 15% é indicativo de quebra excessiva da proteína. O processo fermentativo é ineficiente quando há grandes quantidades de

nitrogênio não protéico, devido ao fato de que aminoácidos básicos, aminas e amônia, produtos finais da hidrólise da proteína e aminoácidos, agem contra a rápida e desejável queda do pH da silagem. Além de afetar o valor nutricional da silagem os elevados níveis de N-NH<sub>3</sub>/NT podem levar a quedas no consumo, devido à baixa aceitabilidade desta pelos animais (McKersie, 1985).

Embora tenha ocorrido diferença estatística entre os valores médios de nitrogênio amoniacal das silagens avaliadas, os valores encontrados foram muito inferiores aos limites estabelecidos por estes pesquisadores. Portanto, de acordo com estes autores, as silagens testadas neste experimento apresentam bom padrão de fermentação e classificam-se como de muito boa qualidade, reflexo um processo fermentativo adequado, sem a ocorrência de proteólise e deaminação de aminoácidos na silagem. Enfatizando a afirmativa de Van Soest (1994), de que silagens de boa qualidade apresentam baixos teores de amônia e os aminoácidos constituem a maior parte da fração nitrogenada não-protéica.

**Tabela 4 – Valores de nitrogênio amoniacal (mg%) em relação ao nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT) das silagens de seis genótipos de sorgos em diferentes tempos de abertura**

Período	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido<sup>1</sup></b>								
<b>BR 700</b>	1,10	1,35	1,33	1,52	1,62	1,74	2,02	1,52 <sup>B</sup>
<b>BRS 610</b>	2,50	3,25	2,65	3,02	3,11	3,66	5,00	3,31 <sup>A</sup>
<b>0249345</b>	1,17	1,28	1,32	1,31	1,48	1,53	1,76	1,41 <sup>B</sup>
<b>0249351</b>	1,35	1,15	1,98	1,22	1,61	1,46	2,07	1,55 <sup>B</sup>
<b>0249313</b>	0,89	1,30	0,83	1,27	1,30	1,30	1,77	1,26 <sup>B</sup>
<b>0249311</b>	1,13	1,04	1,28	0,91	1,28	1,42	1,57	1,25 <sup>B</sup>
<b>Média</b>	1,35	1,56	1,57	1,54	1,73	1,85	2,36	1,71

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).  
Teste SNK, (p< 0,05). CV= 69,938%

#### **4.1.3. Carboidratos Solúveis (CHOS) do material original e das silagens dos genótipos de sorgo**

Os valores de carboidratos solúveis estão na tabela 5. Não foi possível a determinação dos valores de carboidratos solúveis dos genótipos comerciais, BR 700 e BRS 610, devido à perda destes materiais. Os materiais originais apresentaram variação nos teores de carboidratos solúveis de 5,62%, para o 0249313, a 17,55%, para o 0249345, apresentando média de 4,64%.

Borges (1995), Nogueira (1995) e Bernardino (1996), trabalhando com sorgos de portes alto, médio e baixo, obtiveram teores de carboidratos solúveis de 18,1%; 10,4% e 8,2%, respectivamente, para os materiais originais. Oliveira (1997), trabalhando com silagem de genótipos de *Sorghum bicolor* X *Sorghum sudanense*, encontrou teores de carboidratos solúveis no material original, variando de 5,16% a 7,67%.

Como pode ser observado, o híbrido 0249345

obteve a maior concentração de carboidratos solúveis, seguidos pelo 0249311, 0249351 e 0249313, com concentrações de: 7,04%; 4,71%; 3,86% e 2,93%, respectivamente ( $p < 0,05$ ). Os valores médios dos períodos de abertura de um, três, cinco, sete, 14, 28 e 56 dias, foram 12,99%; 2,15%; 1,60%; 1,46%; 1,53%; 1,36% e 1,02%, respectivamente.

Médias inferiores às encontradas no presente experimento foram relatadas por Ribeiro (2005), quando este trabalhou com cinco genótipos de sorgo, obtendo valores médios de: 3,44%; 2,87%; 1,28%; 1,76%; 0,74%; 0,66%; 0,54% e 0,37%, para o material original e para os dias de abertura.

De acordo com McDonald et al. (1991) fatores como: diferenças entre cultivares, estágio de maturação, luminosidade (intensidade e tempo de exposição), temperatura, adubação e pluviosidade, além das diferenças entre espécies, afetam os conteúdos de carboidratos solúveis. Aumento da temperatura ambiente reduz os valores de carboidratos solúveis da planta (McDonald et al., 1991) e fortes precipitações durante o crescimento têm causado reduções pela metade nos teores de carboidratos solúveis (Haigh, 1990). De acordo com McBee e Miller (1990) os carboidratos solúveis concentram-se, principalmente no colmo, daí os sorgos de porte

alto (forrageiro) apresentarem valores superiores desses açúcares em relação aos de porte médio (duplo propósito) e baixo (granífero).

De acordo com Neal et al. (1983), teores de açúcar ao redor de 6 a 8% na MS da forragem são suficientes para um adequado processo de fermentação, predominantemente homolática, com rápida queda do pH, todos os genótipos avaliados atenderam este requisito, exceto o 0249313 que apresentou valor de CHO ligeiramente inferior aos determinados por estes autores.

Outro fator importante, é que no final do período de ensilagem, aos 56 dias, todos os genótipos alcançaram o valor mínimo de carboidratos solúveis que de acordo com Moísio et al. (1994), estaria próximo de 1,0%, valores estes que ainda permitem a fermentação láctica, possibilitando maiores períodos de conservação das silagens. Os valores de carboidratos residuais deste experimento estão de acordo com os valores de literatura (Nogueira, 1995; Borges, 1995; Pesce, 1998). Os açúcares residuais são mais frequentes em silagens com teores de MS superiores a 23% e além de serem constituídos de glicose e frutose, também podem ser representados por outros açúcares (pentoses) liberados da hidrólise ácida da hemiceluloses (McDonald et al., 1991; Moísio e Heikonen, 1994).

**Tabela 5 - Valores de carboidratos solúveis do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca**

Período <sup>2</sup> Híbrido <sup>1</sup>	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
0249345	17,55	17,29	4,79	3,19	2,88	3,89	2,72	1,52	7.04 <sup>A</sup>
0249351	12,60	10,65	1,19	0,63	1,02	0,54	0,72	0,74	3.86 <sup>B</sup>
0249313	5,62	10,68	1,38	1,46	1,05	0,94	1,22	0,81	2.93 <sup>B</sup>
0249311	15,18	13,35	1,24	1,12	0,88	0,74	0,75	1,00	4.71 <sup>B</sup>
<b>Média</b>	12.73 <sup>a</sup>	12.99 <sup>a</sup>	2.15 <sup>b</sup>	1.60 <sup>b</sup>	1.46 <sup>b</sup>	1.53 <sup>b</sup>	1.36 <sup>b</sup>	1.02 <sup>b</sup>	4,64

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).

<sup>2</sup>Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (mesmo período).

Teste SNK, ( $p < 0,05$ ). CV=57.24 %

A fermentação no silo foi intensa, de modo que após o período de fermentação os carboidratos de todos os genótipos testados apresentaram valores muito inferiores aos dos respectivos materiais originais, indicativo de sua utilização no decorrer do processo fermentativo. Estes valores estão de acordo com valores citados em literatura,

Scheffer De Rojas (1976) trabalhando com silagem de milho, observou o desaparecimento quase total do açúcar presente no material ensilado. Meeske et al. (1993) ao trabalharem com sorgo de porte alto observaram o mesmo comportamento, havendo queda acentuada entre o material original e o quinto dia de ensilagem,

seguida de uma redução branda até o dia 31º dia. Nogueira (1995) analisando a silagem de sorgos graníferos, verificou o consumo de quase a totalidade dos açúcares na primeira semana de ensilagem.

Além disso, a ausência de uma correlação significativa entre o pH e a porcentagem de carboidratos solúveis indica que outros fatores podem ter interferido na qualidade da fermentação, não sendo o teor de açúcares limitante para o processo.

#### 4.2. Carboidratos Estruturais do material original e das silagens dos genótipos de sorgo

##### 4.2.1. Fibra em Detergente Neutro (FDN)

Os valores de fibra em detergente neutro (FDN), estão na tabela 6. Os valores dessa fração não

variaram com o processo de ensilagem, oscilando de 55,96% a 60,14% de FDN na MS para os diferentes períodos de abertura. A variação dos teores de FDN do material original foi de 56,22% a 69,10%, apresentando como média o valor de 60,01% de FDN na MS. Brito (1999) trabalhando com a silagem de sete genótipos de sorgo, encontrou valor médio de FDN do material original, superior ao relatado, de 64,21%, do mesmo modo, Pesce (1998) trabalhando com vinte genótipos de sorgo, Rocha Júnior (1999) trabalhando com sete genótipos de sorgo e Ribeiro (2005) ao avaliar cinco genótipos de sorgo, relataram valores médios de FDN para o material original de, 61,82%, 65,42% e 65,97%, respectivamente. Já Nogueira (1995) encontrou valor inferior ao relatado no presente experimento, ao avaliar genótipos de sorgo de porte baixo com e sem taninos e de colmo seco ou succulento, relatando valor médio de FDN para o material original de 50,78%.

**Tabela 6 - Valores de fibra em detergente neutro (FDN) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca**

Período	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido<sup>1</sup></b>									
<b>BR 700</b>	69,10	60,87	64,09	56,60	61,16	58,23	66,73	67,51	63,04 <sup>A</sup>
<b>BRS 610</b>	56,22	54,62	54,97	54,24	51,28	51,21	50,64	50,50	52,96 <sup>C</sup>
<b>0249345</b>	58,94	55,81	57,52	69,56	57,30	61,46	57,22	60,25	59,76 <sup>AB</sup>
<b>0249351</b>	59,18	52,02	59,20	53,90	58,79	52,05	57,56	57,76	56,30 <sup>BC</sup>
<b>0249313</b>	60,35	57,01	69,10	55,05	52,27	57,21	57,36	56,03	58,05 <sup>BC</sup>
<b>0249311</b>	56,31	55,48	56,01	54,87	54,59	57,01	58,87	58,60	56,47 <sup>BC</sup>
<b>Média</b>	60,01	55,96	60,14	57,37	55,89	56,19	58,06	58,44	57,76

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido). Teste SNK, (p< 0,05). CV= 10,021%

Entretanto, os valores médios de FDN diferiram estatisticamente entre os genótipos (p<0,05). O híbrido BR 700 foi superior (p<0,05) aos demais apresentando um valor de FDN de 60,04% na MS, seguido do 0249345, com valor de 56,76%. Os demais genótipos 0249351, 0249313 e 0249311, foram semelhantes estatisticamente (p< 0,05), apresentando valores de 56,30%, 58,05% e 56,47%, respectivamente. Já o híbrido BRS 610 obteve o menor valor dessa fração, com 52,96% de FDN na MS.

Os valores de FDN relatados neste trabalho, foram superiores aos encontrados por Silva (1997) quando trabalhou com sorgo duplo propósito e forrageiro, relatando valores de FDN de 52,22% e 50,43%, respectivamente; Silva (1996) trabalhando com sorgo de porte baixo encontrou valor semelhante ao encontrado, de 57,14%. Trabalhando com cinco genótipos de sorgo, White et al. (1991) encontraram uma variação de 47,6% a 55,8% de FDN na MS. Silva (1996) estudando sorgo de porte médio e alto, encontrou valores semelhantes, de 60,41% e

60,2%, respectivamente. Nogueira (1995) obteve valores de 44,59% a 56,00%; enquanto Corrêa (1996) trabalhando com sorgo em estádio pastoso-farináceo, encontrou valores de 46,35% a 57,77%. Bernardino (1996) apresentou valores de 48,44% a 57,61% para a silagem de sorgo.

Valores inferiores de FDN foram encontrados por Hart (1990), com média de 43,8% de FDN na MS, e por Silva (1997), quando este trabalhou com sorgo granífero, obtendo 45,7% de FDN na MS. Já Araújo (2002) encontrou valores superiores aos relatados neste experimento, com valor médio de 61,0% de FDN na MS.

A diminuição dos valores de FDN se deve a redução nas porcentagens de celulose e hemiceluloses, como relatado por Nogueira (1995) e Bernardino (1996). De acordo com Van Soest (1994), havendo intensa formação de efluentes no decorrer do processo fermentativo, pode ocorrer aumento da porção fibrosa. Geralmente, os compostos solúveis em água são perdidos, causando um aumento proporcional na fração menos fermentável em água, particularmente nos constituintes da parede celular. Fato não observado no experimento em questão.

Quando comparada aos carboidratos não fibrosos essa fração apresenta menor digestibilidade, e sua presença no alimento ou na dieta está correlacionada negativamente com a concentração de energia. Ao ser ofertada em quantidades maiores na dieta, caso não haja uma fonte adequada de energia, essa fração pode limitar o consumo de alimentos. Para Van Soest (1994), esta relação é alta e negativa, desta forma silagens de sorgos com menor concentração de FDN teriam tendência a apresentar maiores taxas de consumo voluntário, desde que não haja outros fatores envolvidos. Staples et al. (1992) citados por Sousa (1997), ao trabalharem com silagens de diversas forrageiras, dentre elas o sorgo, observaram a diminuição do consumo voluntário à medida que o teor de FDN da dieta aumentou de 31 para 39%, com conseqüente queda da produção de leite. O NRC (1989) recomenda de 25 a 35% de FDN, como uma porcentagem ideal de FDN em uma dieta. Valores inferiores a estes podem levar à diminuição da gordura do leite, perda da motilidade intestinal e aumento na incidência de quadros de acidose. Portanto, sua presença em

quantidades adequadas se faz indispensável para o funcionamento adequado do rúmen (Nutrient..., 2001).

#### 4.2.2. Fibra em Detergente Ácido (FDA)

Os resultados encontrados de fibra em detergente ácido (FDA) encontram-se na tabela 7. Não foram observadas diferenças estatísticas nos valores de FDA dos genótipos nos diferentes períodos de abertura dos silos. Entre os genótipos, todos foram semelhantes estatisticamente ( $p < 0,05$ ), com exceção do BRS 610, que apresentou o menor valor desta fração, com 26,50%, os demais apresentaram valores de: 31,60%; 33,82%; 32,87%; 32,90% e 33,06%, para o BR 700, 0249345, 0,249351, 0249313 e 0249311, respectivamente, mostrando uma média geral de 31,74% de FDA na MS. O material original dos seis genótipos avaliados apresentou uma variação de 28,8% a 35,05% de FDA na MS, com uma média de 33,08%.

Valores médios, superiores a este experimento, de FDA para o material original foram relatados por Pesce (1998); Brito (1999); Rocha Júnior (1999) e Oliveira (1997), de 34,27%; 34,35%; 35,75% e 40,54%, respectivamente. Borges (1995) e Nogueira (1995) encontraram valores médios inferiores, de 20,54% e 26,26%, respectivamente.

Valores superiores foram encontrados por Araújo (2002), quando este trabalhou com sorgo em estádio farináceo, demonstrando uma média de 35,75% de FDA na MS. Assim como White et al. (1991) encontraram valores de 32% a 36,6% de FDA na MS para silagem de sorgo. Silva (1996) trabalhando com sorgo porte baixo, médio e alto, obteve médias de 32,74%; 34,98% e 35,52%, respectivamente. Resende (2001) e Bernardino (1996) relataram valores de 26,50% a 40,60% e 28,07% a 31,61%, respectivamente, para silagem de sorgo. Molina (2000) relatou valores de 20,43% a 33,21%, com valores médios de 29,60% para sorgo colhido em estádio leitoso, 27,48% para o estádio pastoso e 28,28% para o estádio farináceo. Ribeiro (2005) relatou valores de FDA que variaram de 25,13% a 39,26%, com valor médio inferior ao encontrado neste experimento, de 29,87%.

Os valores de FDA podem sofrer modificações, isto é, diminuição em seus teores, durante o processo fermentativo quando há redução nos teores de celulose (Silva, 1997). De acordo com Van Soest (1994), estes teores praticamente não se modificam durante o processo de ensilagem, exceto quando há formação extensa de mofo. O que não foi observado neste experimento. A estabilidade dessa fração está relacionada com a boa quantidade de carboidratos solúveis prontamente disponíveis para as bactérias ácido-láticas, aliado a baixa capacidade tamponante da forrageira utilizada no processo de ensilagem.

#### 4.2.3. Hemiceluloses (HCEL)

Os valores de hemiceluloses (HCEL) estão na tabela 8. Não houve diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de abertura, com variação dos valores de HCEL de 24,96% a

26,95% na MS. Entre os genótipos, o BR 700 apresentou o maior valor, 31,73%, seguido pelo BRS 610, com o valor de 28,32% de HCEL na MS. Já os demais genótipos não apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) apresentando valores de 24,24%; 26,42%; 23,45% e 23,59% de HCEL na MS, para o 0249345, 0249351, 024313 e 0249311, respectivamente, com um valor médio de 26,29% de HCEL na MS.

Oliveira (1997) relatou valores de 28,25% a 29,82% de HCEL, com média de 28,99%, para o material original das silagens de genótipos de *Sorghum bicolor X Sorghum sudanense*, Borges (1995) encontrou valores superiores de hemiceluloses para o material original, com valor médio de 38,10%, ao avaliar silagens de sorgo de

**Tabela 7 - Valores de fibra em detergente ácido (FDA) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca**

Período	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido<sup>1</sup></b>									
<b>BR 700</b>	32,91	31,46	32,61	27,87	30,83	30,56	32,03	32,12	31,30 <sup>A</sup>
<b>BRS 610</b>	28,80	23,73	23,45	40,14	24,52	21,63	24,96	24,75	26,50 <sup>B</sup>
<b>0249345</b>	34,29	32,60	33,52	32,74	33,41	35,65	33,37	34,99	33,82 <sup>A</sup>
<b>0249351</b>	34,42	30,56	34,44	31,58	34,21	30,58	33,53	33,65	32,87 <sup>A</sup>
<b>0249313</b>	35,05	33,25	32,49	32,20	30,72	33,36	33,44	32,72	32,90 <sup>A</sup>
<b>0249311</b>	32,87	32,43	32,71	32,90	31,95	33,25	34,26	34,11	33,06 <sup>A</sup>
<b>Média</b>	33,05	30,67	31,53	32,90	30,94	30,83	31,93	32,05	31,74

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).  
Teste SNK, ( $p < 0,05$ ). CV= 12,375%

porte alto com diferentes teores de taninos. Já Pesce (1998) encontrou valores semelhantes aos encontrados pelo experimento para o material original, variando de 25,25% a 30,51%, e com média de 27,55%.

Os dados estão de acordo com os relatados por Silva (1996), variando de 23,29% a 26,62%, quando este trabalhou com silagem de sorgo com 56 dias de ensilagem.

Silva (1997) trabalhando com silagens de sorgo granífero, duplo propósito e forrageiro, encontrou valores de 20,53%; 21,66% e 20,84%, respectivamente, valores estes inferiores aos relatados neste experimento. Bernardino (1996)

também encontrou valores inferiores aos apresentados no presente experimento, quando trabalhou com silagem de sorgo aos 56 dias de ensilagem, apresentando valores de 20,22% a 22,85%. Já Nogueira (1995) apresentou uma variação de 19,4% a 24,14%. Enquanto que Corrêa (1996) trabalhando com silagem de sorgo no estágio de grão pastoso-farináceo, encontrou variação de 19,89% a 24,48%.

Para Muck (1988) e Henderson (1993), as hemiceluloses, parecem ser a principal fonte adicional de substrato para a fermentação, podendo ocorrer consumo de até 40% dessa fração. De acordo com McDonald et al. (1991), hidrólises significativas das hemiceluloses têm

sido encontradas em silagens de gramíneas, a ponto de se obter 50% do teor de hemiceluloses do material original degradado.

Para Silva (1996), em cultivares onde há maiores percentuais de açúcares, pode não haver redução nos teores de hemiceluloses com a ensilagem, provavelmente pela maior capacidade de atendimento das demandas necessárias para o processo fermentativo.

Van Soest (1994) e Ojeda e Diaz (1992) afirmam que as hemiceluloses não são degradadas por bactérias ácido-láticas, mas sim por hemicelulases de bactérias que não tem como produto final da fermentação o ácido lático, no início do processo fermentativo e/ou devido à acidez do meio. As bactérias ácido-láticas só utilizam as hemiceluloses quando estas são

desdobradas por enzimas da própria planta, a pentoses, servindo assim de fonte extra de energia para essas bactérias (Muck, 1988). Isto, geralmente, ocorre quando a forragem não apresenta teores adequados de carboidratos solúveis.

Henderson (1993) afirma que proteínas, aminoácidos e ácidos orgânicos contribuem para a produção de ácidos fermentados, mas as hemiceluloses são as principais fontes de substrato adicional. Para Silva (1997), as perdas desta fração ocorrem com maior intensidade em genótipos de sorgo com maior proporção de panícula. Supõe-se que a estrutura das hemiceluloses das panículas seja mais susceptível à hidrólise do que a do colmo e das folhas, ou que os teores de carboidratos solúveis determinem o grau de utilização desta fração.

**Tabela 8 - Valores de hemiceluloses (HCEL) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca**

Período	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido <sup>1</sup></b>									
<b>BR 700</b>	36,18	29,40	31,48	28,73	30,34	27,68	34,70	35,39	31,73 <sup>A</sup>
<b>BRS 610</b>	27,42	30,89	31,52	29,09	26,76	29,59	25,58	25,75	28,32 <sup>B</sup>
<b>0249345</b>	24,65	23,20	23,99	23,32	23,89	25,81	23,85	25,25	24,24 <sup>C</sup>
<b>0249351</b>	24,76	21,45	24,77	22,32	24,58	21,46	24,01	24,10	26,42 <sup>C</sup>
<b>0249313</b>	25,30	23,75	23,10	22,85	21,56	23,85	23,91	23,30	23,45 <sup>C</sup>
<b>0249311</b>	23,43	23,05	23,29	23,46	22,64	23,75	24,62	24,52	23,59 <sup>C</sup>
<b>Média</b>	26,95	25,29	26,35	24,96	24,96	25,35	26,11	26,38	26,29

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).  
Teste SNK, (p< 0,05). CV= 12,145%

#### 4.2.4. Celulose (CEL)

Os teores de celulose dos materiais originais e das silagens de sorgo encontram-se na tabela 9, não tendo sido encontrada interação entre os períodos de abertura. Os genótipos 0249345, 0249351, 0249313 e 0249311 apresentaram valores de celulose superiores estatisticamente (p<0,05), 25,93%, 25,19%, 25,21% e 25,46%, respectivamente, em relação às testemunhas comerciais, que apresentaram valores inferiores estatisticamente (p<0,05), de 21,74% a 21,39%, para o híbrido BR 700 e para o BRS 610, respectivamente. Os valores de CEL, para o material original, variaram de 24,88% a 26,88%, com valor médio de 26,11%. Destacam-se o BRS

610 apresentando o menor valor, de 24,88% e o 0249313, com o maior valor de CEL, de 26,88%, para o material original.

Borges (1995) e Nogueira (1995) obtiveram valores inferiores de CEL para o material original aos relatados pelo presente trabalho, variando de 20,10% a 23,38% e de 20,74% a 22,58%, respectivamente. Já Oliveira (1997), Pesce (1998), Brito (1999) e Rocha Júnior (1999), relataram valores médios de CEL para o material original superiores aos encontrados neste experimento de, 36,26%, 29,55%, 28,47% e 29,60%, respectivamente.

De acordo com Nogueira (1995), a CEL é tida como um carboidrato estável dentro do silo, não sofrendo alterações em seus teores durante o processo fermentativo. Este fato explica o porque de não ter sido encontrada diferenças nas concentrações de celulose entre o material original e suas respectivas silagens. Comportamento semelhante foi relatado por Borges (1995) e Bernardino (1996). Van Soest (1994) afirmou que a celulose e a lignina são frações que se mantêm estáveis diante o processo fermentativo, exceto quando se tem a presença de fungos anaeróbicos, detectando-se nestas situações a diminuição dos teores destas frações, o que não foi observado neste experimento.

Trabalhando com silagens de sorgo, Rocha Júnior et al. (2000a) descrevem estabilidade para os valores de celulose com o decorrer do processo de fermentação, estes mesmos autores relatam valores que variaram de 27,0% a 33,5% de CEL na MS, valores estes superiores aos genótipos estudados.

Com exceção dos genótipos BR 700 e BRS 610, que apresentaram decréscimo nos valores de celulose, do material original até o fim do processo fermentativo, variando de 26,02% a 17,51% de CEL, para o BR 700, e de 24,88% a 21,15% de CEL para o BRS 610, os demais genótipos apresentaram-se estáveis frente ao processo fermentativo. A queda dos valores de celulose nas testemunhas comerciais pode indicar a utilização desta fração como substrato adicional para o processo fermentativo. Redução dos valores de celulose também foram relatadas por Petterson e Lindgren (1990), que analisaram a qualidade de silagens de gramíneas e leguminosas de clima temperado, e relataram que a soma dos produtos da fermentação e dos açúcares residuais na silagem excederam os valores de açúcares disponíveis no material original em torno de 12%, indicando que a hemiceluloses e a celulose poderiam estar sendo utilizadas durante a fermentação.

**Tabela 9 - Valores de celulose (CEL) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca**

Período	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido <sup>1</sup></b>									
<b>BR 700</b>	26,02	20,18	22,07	21,75	22,51	24,02	19,87	17,51	21,74 <sup>B</sup>
<b>BRS 610</b>	24,88	20,57	20,50	21,82	21,25	18,79	22,19	21,15	21,39 <sup>B</sup>
<b>0249345</b>	26,29	24,99	25,70	25,09	25,61	27,34	25,57	26,83	25,93 <sup>A</sup>
<b>0249351</b>	26,39	23,41	26,40	24,19	26,23	23,42	25,71	25,80	25,19 <sup>A</sup>
<b>0249313</b>	26,88	25,49	24,90	24,67	23,51	25,57	25,63	25,08	25,21 <sup>A</sup>
<b>0249311</b>	26,19	24,85	25,07	25,22	24,48	25,48	26,26	26,15	25,46 <sup>A</sup>
<b>Média</b>	26,11	23,25	24,11	23,79	23,93	24,10	24,21	23,75	24,15

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).  
Teste SNK, (p < 0,05). CV = 16,393%

Morrison (1979) relata redução nos teores de celulose nas silagens de milho, de 5 a 15%, devido à hidrólise ácida que liberará glicose para o meio. Este mesmo autor ao trabalhar com a gramínea *Lolium perenne*, registrou ao final de 150 dias de ensilagem, uma queda de 5% nos teores de CEL, ocorrida durante o processo de ensilagem. Borges (1995) por sua vez, observou a diminuição dos teores de celulose em dois genótipos de sorgo de colmo seco, a partir do 7º dia após a ensilagem. Os valores de celulose encontrados por este autor variaram de 19,98% a

23,05%, valores semelhantes aos encontrados no presente experimento.

Valores de celulose semelhantes aos relatados, foram encontrados por Silva (1996), de 18,7% a 22,85%, este mesmo autor relatou valores de CEL, de 22,04%, 25,34% e 25,56%, quando avaliou silagens de sorgo granífero, de duplo propósito e forrageiro, respectivamente.

Valores superiores de celulose para silagem de sorgo com 56 dias de fermentação foram relatados por Araújo (2002), Bernardino (1996) e

Corrêa (1996), com médias de 29,97%; 26,41% e 26,50%, respectivamente.

A utilização da concentração de celulose como indicador da porção fibrosa e/ou da digestibilidade da forragem, pura e simplesmente, não se presta como indicador único. A celulose é um carboidrato estrutural componente da FDA. Dentre os fatores que interferem em sua digestibilidade, como silicificação, cutinização, fatores intrínsecos da celulose, a lignificação é a principal. Este carboidrato pode estar ligado e protegido pela lignina ou não ser afetado por esse composto, o que pode explicar o comportamento cinético da celulose em diversas taxas de digestão estudadas. A existência de celulose digestível e indigestível reafirmam a visão da não uniformidade na utilização da celulose, desde que, a não lignificada mostra muita diversidade em digestibilidade (Van Soest, 1994).

#### 4.2.5. Lignina (LIG)

Na tabela 10 estão os dados sobre os teores de lignina do material original e das silagens. Entre os diferentes dias de abertura as médias variaram de 5,90% a 7,53% ( $p < 0,05$ ) na MS, a média apresentada no dia 56 foi superior às demais médias dos períodos anteriores, inclusive à média do material original, 7,53%, para o dia 56 e 6,27% para o dia 7, como menor média ( $p < 0,05$ ).

Quando comparadas às médias dos genótipos nos diferentes períodos, observa-se que o híbrido BR 700 foi superior aos demais com 9,49% ( $p < 0,05$ ) de LIG na MS. Seguido do 0249345, 0249313, 0249351 e 0249311 que se apresentaram com valores intermediários de LIG na MS com 6,74%; 6,57%; 6,56% e 6,60% ( $p < 0,05$ ), respectivamente. Enquanto que o híbrido BRS 610 apresentou o menor valor de LIG na MS com 3,24% ( $p < 0,05$ ).

Os valores de lignina, para o material original, relatados estão de acordo com a literatura, valores semelhantes foram encontrados por Brito (1999) e Rocha Júnior (1999), variando de 4,49% a 7,40%, e de 4,32% a 7,60%, respectivamente. Valores médios de lignina, no material original, inferiores aos relatados foram encontrados por Nogueira (1995), Borges (1995), Oliveira (1997) e Pesce (1998), de 4,35%; 4,88%; 4,28% e 4,65%, respectivamente.

Valores encontrados por Silva (1997) trabalhando com silagens de sorgo granífero, duplo propósito e forrageiro, foram inferiores aos relatados neste trabalho, 3,03%; 5,04% e 3,66%, respectivamente. White et al. (1991) encontraram variação de 4,0% a 5,7%, Nogueira (1995), de 2,5 a 5,1%, Corrêa (1996), de 3,07% a 5,02%, Bernardino (1996), de 3,70% a 5,44%, Araújo (2002), de 4,72% a 6,48%, Silva (1996), média de 3,24%.

**Tabela 10 - Valores de lignina (LIG) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca**

Período <sup>2</sup>	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido<sup>1</sup></b>									
<b>BR 700</b>	6,89 <sup>Ad</sup>	11,28 <sup>Abc</sup>	10,54 <sup>Abcd</sup>	6,11 <sup>Ad</sup>	8,32 <sup>Acd</sup>	6,04 <sup>Ad</sup>	12,16 <sup>Abc</sup>	14,61 <sup>Aa</sup>	9,49
<b>BRS 610</b>	3,91 <sup>Ba</sup>	3,16 <sup>Cad</sup>	2,96 <sup>Ca</sup>	3,34 <sup>Aacd</sup>	3,27 <sup>Ba</sup>	2,84 <sup>Ba</sup>	2,88 <sup>Cac</sup>	3,60 <sup>Cac</sup>	3,24
<b>0249345</b>	6,83 <sup>Aa</sup>	6,52 <sup>Bac</sup>	6,69 <sup>Bacd</sup>	6,55 <sup>Aac</sup>	6,66 <sup>Aa</sup>	7,07 <sup>Aa</sup>	6,66 <sup>Ba</sup>	6,96 <sup>Bad</sup>	6,74
<b>0249351</b>	6,85 <sup>Aa</sup>	6,14 <sup>Bad</sup>	6,85 <sup>Bac</sup>	6,33 <sup>Aa</sup>	6,82 <sup>Aacd</sup>	6,15 <sup>Aa</sup>	6,69 <sup>Ba</sup>	6,71 <sup>Bac</sup>	6,56
<b>0249313</b>	6,97 <sup>Aa</sup>	6,64 <sup>Ba</sup>	6,50 <sup>Ba</sup>	6,45 <sup>Aa</sup>	6,17 <sup>Aac</sup>	6,66 <sup>Aac</sup>	6,67 <sup>Bad</sup>	6,54 <sup>Bacd</sup>	6,57
<b>0249311</b>	6,57 <sup>Aa</sup>	6,49 <sup>Bad</sup>	6,54 <sup>Bac</sup>	6,57 <sup>Aac</sup>	6,39 <sup>Aacd</sup>	6,64 <sup>Aa</sup>	6,82 <sup>Ba</sup>	6,80 <sup>Ba</sup>	6,60
<b>Média</b>	6,34	6,71	6,68	5,89	6,27	5,90	6,97	7,53	6,53

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).

<sup>2</sup>Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (mesmo período).

Teste SNK, ( $p < 0,05$ ). CV= 18,23%

Quando comparados com outros trabalhos, os maiores teores de lignina obtidos neste experimento podem estar relacionados a diversos fatores, podendo-se destacar, a época de colheita em relação à maturidade do grão (precocidade do genótipo). Genótipos mais precoces selecionados para produção em curto espaço de tempo podem apresentar mais altos teores de lignina se não forem colhidos com menor tempo após o plantio.

De acordo com Silva (1997), as maiores porcentagens de lignina encontram-se em silagens com maiores proporções de colmo e folhas, porcentagem esta que se reduz à medida que a participação do colmo na proporção diminui. Para os genótipos testes, pode-se observar uma tendência de estabilidade nos valores de lignina durante o processo de fermentação, esta falta de elevação dos teores de lignina encontrada, pode ser atribuída a uma maior proporção de panículas, acompanhada de uma menor proporção de colmos, com o avanço da maturidade da planta.

As diferenças encontradas entre os teores de lignina do material original e das silagens podem ser atribuídas a dificuldades na amostragem, onde amostras contendo porções mais ricas desse composto (colmo) foram selecionadas para a realização das análises.

Este composto constitui um polímero fenólico que se associa à celulose e hemiceluloses, carboidratos estruturais, durante a formação da parede celular. Segundo Van Soest (1994) e Norton (1982) o teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade, devido à incrustação dos polissacarídeos da parede celular, tornando-os indisponíveis à ação bacteriana. O processo de lignificação altera tanto a taxa quanto a extensão da digestão das forrageiras.

Este composto é estável dentro do silo, não sofrendo alteração em seus teores durante o período de ensilagem. De acordo com Van Soest (1994), as ligninas só são utilizadas durante o processo fermentativo se houver contaminação por fungos, durante a fermentação aeróbica.

Avaliação deste componente da parede celular das forrageiras é de extrema importância, pois deste modo torna-se possível a identificação de forrageiras que apresentem altos conteúdos deste

composto possibilitando a seleção de materiais que contenham baixos teores de lignina.

### 4.3. Digestibilidade “*In Vitro*” da Matéria Seca (DIVMS)

Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) estão dispostos na tabela 11. Considerando-se os valores médios dos genótipos, o BRS 610 foi estatisticamente ( $p < 0,05$ ) superior aos demais com 59,64% de DIVMS, seguido pelo BR 700 com 53,86%. Enquanto os genótipos 0249345, 0249351 e 0249311, foram semelhantes estatisticamente ( $p < 0,05$ ), com 52,11%; 51,53% e 51,97%, respectivamente. Já o híbrido 0249313 foi estatisticamente inferior ( $p < 0,05$ ), com 50,15% na MS.

Valores semelhantes, de DIVMS para o material original, aos relatados foram encontrados por Borges (1995), Oliveira (1997) e Rocha Júnior (1999), variando de 56,74% a 58,40%; 55,71% a 59,82% e 51,54% a 61,83%, respectivamente. Outros autores como Nogueira (1995), Pesce (1998) e Brito (1999), relataram valores médios de DIVMS para o material original, superiores ao encontrado no experimento, de 61,45%, 59,85% e 56,04%, respectivamente.

Valores superiores foram encontrados por Silva (1997), quando este autor trabalhou com sorgo granífero, duplo propósito e forrageiro, relatando valores de 62,49%; 57,83% e 59,39%, respectivamente. De acordo com White et al. (1991), sorgos graníferos possuem maiores valores de digestibilidade quando comparados aos sorgos forrageiros, o que pode ser confirmando com os valores relatados por Silva (1997), anteriormente, e por Borges (1995) e Nogueira (1995), com valores médios de 57,6% e 61,5%.

Nogueira (1995), avaliando a qualidade das silagens de genótipos de sorgo de porte baixo com e sem tanino e de colmo seco e succulento, encontrou variação de 58,4% a 61,7%, Corrêa (1996) avaliou a silagem de sorgo, quando este se encontrava em estágio de grão pastoso-farináceo, obtendo variação de 53,52% a 57,79%, Silva (1996) e Bernardino (1996) relataram variações de 50,19% a 58,49%, e de 54,33% a 62,88%, respectivamente. Variações estas superiores a encontradas neste experimento.

Já Araújo (2002), trabalhando com silagem de sorgo, encontrou valores inferiores aos do

presente experimento, que variaram de 47,22% a 51,25%.

**Tabela 11 - Valores de digestibilidade “in vitro” (DIVMS) do material original e das silagens de seis genótipos de sorgo, expressos na porcentagem da matéria seca.**

Período	MO	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido <sup>1</sup></b>									
<b>BR 700</b>	61,58	52,53	52,10	52,48	50,43	52,90	51,98	56,93	53,86 <sup>B</sup>
<b>BRS 610</b>	55,32	60,33	58,53	63,03	60,98	62,55	57,25	59,18	59,64 <sup>A</sup>
<b>0249345</b>	51,44	49,11	51,85	51,80	52,40	53,72	53,14	53,39	52,11 <sup>BC</sup>
<b>0249351</b>	52,26	49,32	54,45	50,19	51,72	51,85	51,19	51,29	51,54 <sup>BC</sup>
<b>0249313</b>	51,98	49,11	50,68	51,42	48,50	49,66	50,28	49,64	50,16 <sup>C</sup>
<b>0249311</b>	49,46	49,62	53,22	54,37	50,02	54,34	52,64	52,14	51,98 <sup>BC</sup>
<b>Média</b>	53,67	51,67	53,47	53,88	52,34	54,17	52,74	53,76	53,22

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).  
Teste SNK, (p < 0,05). CV = 5,468%

De acordo com a média dos valores de DIVMS para os diferentes períodos avaliados, de 53,21% de DIVMS, pode-se concluir que esta característica não apresentou alteração com o processo de ensilagem. Resultados semelhantes foram encontrados por Guimarães Jr. (2003) com silagem de milho, com média de 54,85%. No entanto, Borges (1995) e Benardino (1996) verificaram diminuição nos valores da digestibilidade com a ensilagem. De acordo com Benardino (1996) uma explicação para a redução nos valores de DIVMS com a ensilagem, pode ser atribuída a redução nos valores de carboidratos solúveis durante o processo fermentativo. Já Borges (1995) trabalhando com sorgos com e sem taninos, encontrou diminuição nos valores de DIVMS para genótipos com e sem tanino, redução atribuída aos conteúdos de taninos. De acordo com Marinho (1984), Van Soest (1994), Nogueira (1995) e Zago (1997), existe uma correlação entre o conteúdo de tanino, a digestibilidade da MS e da proteína, sendo que estas decrescem com o aumento do teor de tanino no grão de sorgo.

De acordo com Cummins (1981), pode-se verificar variações nos valores de DIVMS das diferentes frações da planta durante o processo fermentativo. A digestibilidade do grão aumenta de 50% a 60% em sorgos com alto tanino e de 65% a 75% para sorgos com baixo tanino, no entanto, os valores de DIVMS para folhas e caule não sofreu variação. Este mesmo autor,

afirma que o principal fator determinante da qualidade do sorgo e, aparentemente, do rápido aumento na quantidade de amido altamente digestível durante a maturação de sorgos graníferos que compensaria o declínio na digestão da celulose, é o estágio de maturação da planta.

Gourley e Lusk (1978), afirmam que existem variações na digestibilidade dos nutrientes da planta de sorgo dentre e entre genótipos, principalmente, quando da presença ou não de taninos. Streeter et al. (1993) e Tonani (1995), ressaltam também a importância da dureza do grão e do estágio de maturação dos grãos como fatores determinantes nestas variações. Entretanto, Van Soest (1994) afirmou que coeficientes de digestibilidade podem ser influenciados não só pelos teores de taninos, lignina, FDA e celulose, mas também por suas interações (Malossini et al., 1988).

Os componentes fibrosos, FDN, FDA, celulose, hemiceluloses e lignina, têm sido inversamente relacionados a DIVMS e à medida que a planta envelhece ocorre um aumento na porcentagem destes componentes estruturais da parede celular em detrimento do conteúdo celular resultando em queda do valor nutritivo, interferindo no adequado aproveitamento da forragem, tendo a lignina papel principal. Esta é resistente ao processo fermentativo dentro do silo e no ambiente ruminal e pode, dependendo de sua

concentração e composição estrutural, limitar a extensão da digestão (Jung, 1989; Van Soest, 1994). Essa análise gera um resultado de grande importância, pois através dela quantificase o aproveitamento dos nutrientes do material ensilado, além disso, essa é uma análise fácil, rápida e econômica.

#### 4.4. Potencial de hidrogênio (pH)

Os dados de pH das silagens dos seis genótipos de sorgo estão na tabela 12. Dentre os valores médios encontrados, os genótipos BR 700, 0249345 e 0249313, apresentaram os maiores de pH, com 4,03; 3,96 e 3,95, respectivamente. Seguidos pelo BRS 610 e 0249351, com 3,85, para ambos os genótipos e o 0249311 com o valor de 3,78 de pH ( $p < 0,05$ ). Apresentando valor médio geral de 3,9, com uma variação dos valores indo de 3,78 a 4,03 ( $p < 0,05$ ).

O valor médio encontrado para o dia 56 foi de 3,84, valor este, superior aos relatados por Borges (1995), Pesce (1998), Rocha Júnior (1999), e Brito (1999), de 3,65; 3,60; 3,77 e 3,64, respectivamente.

Variações semelhantes para os valores de pH no dia 56, foram obtidas por White et al. (1991), de 3,88 a 4,07. Silva (1997) analisando sorgos graníferos, forrageiros e de duplo propósito obteve médias de 4,16 e de 3,70,

respectivamente. Silva (1996), trabalhando com sorgo de porte baixo e médio, obteve 3,77 e 4,04, respectivamente. Silagens de sorgo no estágio de grão farináceo obtiveram variação de 3,89 a 4,07, de acordo com Araújo (2002). Rocha Jr. et al. (2000a) ao avaliarem sorgos de porte baixo e alto, relataram valores de 3,7 a 4,3 e de 3,5 a 3,8, respectivamente. Esmail et al. (1991) encontraram valor de 4,09 para silagens de sorgos no estágio de grão pastoso.

Valores inferiores foram relatados por Nogueira (1995), Corrêa (1996), Silva (1996) e Guimarães Júnior (2003), de 3,67 a 3,72; de 3,55 a 3,66; com valor médio de 3,54; com valor médio de 3,62, respectivamente, sendo que Silva (1996) trabalhou com silagens de sorgo de porte alto, e Guimarães Júnior (2003), com silagem de milho. Já Hart (1990) avaliando silagens de sorgo em dois diferentes estágios de maturação, grão macio e grão duro, relatou valores de 4,19 e 4,33, respectivamente, valores estes superiores aos apresentados neste experimento.

De acordo com Van Soest (1994), em silagens com teor de matéria seca superior a 35%, o pH não é um parâmetro importante de avaliação da sua qualidade, pois nesta situação, o desenvolvimento da acidez é inibido pela deficiência hídrica e pela alta pressão osmótica do meio. Assim sendo, o pH é inversamente correlacionado com o teor de umidade.

**Tabela 12 – Valores de pH das silagens de seis genótipos de sorgo nos diferentes períodos de abertura.**

Período <sup>2</sup>	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido<sup>1</sup></b>								
<b>BR 700</b>	4,58	4,08	3,76	3,94	4,03	3,93	3,89	4,03 <sup>A</sup>
<b>BRS 610</b>	4,21	3,78	3,88	3,70	3,81	3,78	3,77	3,85 <sup>B</sup>
<b>0249345</b>	4,40	3,90	3,88	3,74	3,88	3,83	4,11	3,96 <sup>A</sup>
<b>0249351</b>	4,24	3,77	3,76	3,75	3,90	3,80	3,73	3,85 <sup>B</sup>
<b>0249313</b>	4,33	3,88	3,98	3,85	3,97	3,94	3,84	3,95 <sup>A</sup>
<b>0249311</b>	4,19	3,73	3,72	3,64	3,74	3,72	3,73	3,78 <sup>B</sup>
<b>Média</b>	4,33 <sup>a</sup>	3,85 <sup>b</sup>	3,83 <sup>b</sup>	3,77 <sup>b</sup>	3,89 <sup>b</sup>	3,82 <sup>b</sup>	3,84 <sup>b</sup>	3,90

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).

<sup>2</sup>Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (mesmo período).

Teste SNK, ( $p < 0,05$ ). CV= 3,085%

No entanto, para Muck (1998), McDonald et al. (1991) e Van Soest (1994), é importante

considerar o tempo gasto para a queda do pH, pois apenas um pH final baixo não é garantia de

que a atividade clostridiana foi prevenida ou a proteólise inibida ou minimizada. A queda no pH da silagem, seguida de sua estabilização, é necessária para a paralisação de fermentações indesejáveis. De acordo com Muck (1988), o pH normalmente declina nos primeiros cinco dias de ensilagem, sendo que a interação entre o número inicial de bactérias lácticas e o conteúdo de matéria seca durante o curso de queda do pH pode ser causa de grande variação na extensão da proteólise.

Segundo McDonald et al. (1991) os valores de pH estabilizam-se antes dos 10 dias de ensilagem quando existem altos teores de açúcar e baixos de proteína. Os dados relatados estão de acordo com tal afirmativa como pode ser observado na tabela 15, pois os valores médios de pH médios apresentam-se estáveis a partir do terceiro dia de fermentação.

Resultados estes que divergem daqueles apresentados por Rocha Jr. et al. (2000a), Meeske et al. (1993) e Guimarães Jr. (2003), que obtiveram estabilidade com sete, dez e 28 dias, respectivamente. Destes, apenas o último autor trabalhou com milho e os demais com sorgo.

Fisher e Burns (1987), afirmam que a estabilização dos valores de pH na silagem deve-se a interações entre os teores de MS e a capacidade tamponante, concentrações de carboidratos solúveis e de ácido lático e das condições de anaerobiose do meio, temperatura ambiente e microrganismos predominantes. Tais interações explicam o fato de que forragens com diferentes teores de MS e de carboidratos solúveis podem produzir silagens com o mesmo padrão de queda dos valores de pH.

Durante o experimento, estes diversos fatores citados anteriormente, foram controlados, não interferindo na redução do pH das silagens avaliadas, apresentando estas valores que variaram de 3,73 a 4,11, com 56 dias de ensilagem. Valores considerados adequados de acordo com McDonald et al. (1991), pois se enquadram no intervalo determinado por tais autores de 3,6 a 4,2, para silagens de boa qualidade.

## 4.5. Ácidos Orgânicos

### 4.5.1. Ácido Lático

Este ácido é o mais importante produto da fermentação dentro do silo, pois é o principal regulador da acidez nas silagens de boa qualidade, sua produção deve ser rápida e em quantidade suficiente, para que o declínio do pH ocorra de forma adequada, cessando a atividade microbiana indesejável, como clostrídios e enterobactérias. Os íons formados abaixam o pH, até um ponto em que permaneça a níveis mínimos, mas adequados para a neutralização de compostos básicos formados ao longo do processo de fermentação. Segundo Moio & Heikonen (1994), 1 g de nitrogênio de aminoácidos e peptídeos/Kg MS requer 2,3 g de ácido lático/Kg MS para manter um pH constante de 3,87. Normalmente, o conteúdo de ácido lático ao longo da fermentação decresce com o aumento do teor de matéria seca da forragem, devido ao fluxo de efluentes, que aumenta o teor de matéria seca e remove compostos ionizados da silagem (Moio & Heikonen, 1994). Fato não observado neste experimento.

Os resultados de ácido lático obtidos estão na tabela 13. Como pode ser observado, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os valores de ácido lático dos genótipos e entre os diferentes períodos de abertura. Os valores médios deste ácido para os genótipos variaram de 4,15% a 6,31%, tendo o genótipo 0249345, alcançado o maior valor deste ácido, enquanto que o genótipo 0249351 apresentou o menor valor encontrado. A média geral apresentada foi de 5,04%.

Os valores de ácido lático no presente experimento variaram de 2,37% a 8,16%, com média de 5,91% no dia 56. Variações semelhantes foram relatadas por Nogueira (1995) e Rocha Júnior (1999), de 2,69% a 11,40%; e de 2,82% a 8,51%, respectivamente. Estes mesmos autores encontraram valores médios para a produção deste ácido no dia 56 de 9,15% e 6,72%, respectivamente. Já Borges (1995) avaliando silagens de genótipos de sorgo de porte alto, contendo diferentes teores de taninos e de umidade nos colmos, relatou valores inferiores aos encontrados, variando de 0,39% a 1,41%, com um valor médio no dia 56, também

inferior à relatada neste experimento, de 1,28%.

Araújo (2002) trabalhando com silagens de sorgo no estádio farináceo, com 72 dias de ensilagem, relatou valores de ácido láctico de 6,43% a 8,32%. Já Esmail et al.(1991) relataram um valor médio de ácido láctico inferior ao encontrado pelo experimento, de 5,52%.

Os valores de ácido láctico variaram de 4,68% a 6,95% no dia 56. Nogueira (1995) relatou valores superiores, para o mesmo período, de 8,59% a 10,02%. Enquanto Hart (1990) obteve valores inferiores, trabalhando com silagens de grão macio e duro com 60 dias de ensilagem, de 3,7% e 3,1%, respectivamente.

As diferenças observadas entre os valores deste experimento com os relatados nos demais trabalhos, se deve a própria natureza do parâmetro analisado. Este ácido é um produto do processo fermentativo, e deste modo, sofre influência de vários fatores, como por exemplo, os teores de MS e carboidratos solúveis,

condições de anaerobiose, tipo de microflora presente. capacidade tamponante da forrageira e os produtos originados da fermentação.

Para Nogueira (1995), a relação entre os teores de carboidratos solúveis e a produção de ácido láctico é mais claramente percebida quando as concentrações dos primeiros são mais baixas. Para concentrações próximas e acima de 5%, as interações com outros substratos fermentáveis e as naturais diferenças entre os padrões de fermentação inerentes a cada silo tendem a minimizar a influência das concentrações de carboidratos solúveis na concentração final de lactato. Como pode ser observado neste experimento onde os teores de carboidratos solúveis encontraram-se acima do limite citado por Nogueira (1995). Outro ponto importante a ser observado neste experimento é que já no primeiro dia as bactérias mostraram-se ativas, pois grande parte do ácido láctico presente nos silos já havia sido produzido.

**Tabela 13 – Teores de ácido láctico (mg%) das silagens de seis genótipos de sorgo nos diferentes períodos de abertura.**

Período <sup>2</sup>	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido <sup>1</sup></b>								
<b>BR 700</b>	2,37	3,25	3,77	4,76	5,14	5,34	4,90	4,22
<b>BRS 610</b>	3,72	4,65	3,91	5,25	4,22	5,55	6,95	4,89
<b>0249345</b>	4,28	5,38	5,86	6,85	6,86	8,16	6,80	6,31
<b>0249351</b>	2,69	4,01	3,93	4,47	4,77	4,52	4,68	4,15
<b>0249313</b>	2,99	3,94	2,41	6,44	6,15	7,22	5,80	4,99
<b>0249311</b>	3,60	5,62	4,49	7,92	5,51	6,34	6,32	5,68
<b>Média</b>	3,28	4,47	4,06	5,94	5,44	6,18	5,91	5,04

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).

<sup>2</sup>Letras minúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo período).

Teste SNK, (p< 0,05). CV= 78,609%

#### 4.5.2. Ácido Acético

Na tabela 14 encontram-se os valores de ácido acético. Como pode ser visualizado, houve diferença (p<0,05) entre os genótipos avaliados, o híbrido BR 700 apresentou o maior valor de ácido acético, seguido pelo BRS 610, com 0,0652% e 0,0338%, respectivamente. Os demais genótipos apresentaram valores inferiores, de 0,0053%; 0,0068% e 0,0067%, para o híbrido

0249345, 0249351 e 0249313, respectivamente, sendo que ao avaliar o suco da silagem do híbrido 0249311, a presença deste ácido não foi detectada. A média geral foi de 0,019%.

Nogueira (1995), Hart (1990) e Rocha Júnior et al. (2000a) relataram valores superiores aos encontrados neste experimento, com variação de 1,16% a 1,54%; 1,31% a 0,89, para silagens com dois estádios de maturação, grão macio e grão duro, respectivamente; 1,2% a 1,9% ,

respectivamente. Araújo (2002) ao avaliar silagens de sorgo em estágio farináceo, relatou valores entre 0,75% e 1,01%; já Maia (2001) trabalhando com silagens de milho com 56 dias de fermentação, obteve variações de 0,57% a 1,2% e Guimarães Júnior (2003) estudando silagens de três genótipos de milho, relatou valor médio de ácido acético para esta silagem com 56 dias de fermentação de 1,0%; e Esmail et al. (1991) encontraram um valor médio de 1,4%.

Araújo (2002) cita uma possível correlação entre os níveis de lactato e de acetato, podendo significar que a presença de ácido acético nas silagens seja resultado de fermentações lácticas e não de fermentações secundárias. Fato que não pôde ser corroborado no presente experimento, pois não foi encontrada correlação entre os parâmetros de ácido láctico e ácido acético.

**Tabela 14 – Teores de ácido acético (mg%) das silagens de seis genótipos de sorgo nos diferentes períodos de abertura.**

Período	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido <sup>1</sup></b>								
<b>BR 700</b>	0,02	0,08	0,09	0,07	0,08	0,07	0,06	0,0652 <sup>A</sup>
<b>BRS 610</b>	0,05	0,00	0,00	0,05	0,07	0,05	0,06	0,0338 <sup>B</sup>
<b>0249345</b>	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,0053 <sup>C</sup>
<b>0249351</b>	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,0068 <sup>C</sup>
<b>0249313</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,0067 <sup>C</sup>
<b>0249311</b>	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000 <sup>C</sup>
<b>Média</b>	0,028	0,013	0,015	0,02	0,025	0,02	0,04	0,019

<sup>1</sup>Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (mesmo híbrido).  
Teste SNK, (p < 0,05). CV = 117,537%

Segundo Moisis & Heikonen (1994), o alto conteúdo de acetato parece restringir a fermentação láctica. O pH tende a aumentar de 3,87 para 4,10 quando o conteúdo de ácido acético cresce de 0,5 a 1,0%, mantendo-se outros parâmetros constantes. Neste experimento não foi observada a correlação entre o teor de acetato e o pH, fato este, que pode explicar a presença do ácido acético, pois de acordo com Silveira (1975) altas correlações entre os níveis de lactato e acetato podem indicar que a presença de acetato existente no meio é na sua maioria originário de fermentações lácticas e não de secundárias. A falta de correlação significativa entre lactato e acetato, neste experimento, leva à suposição de que grande parte deste último provém de fermentações secundárias. De acordo com estes mesmos autores, o ácido láctico é o agente regulador da acidez. O ácido acético e outros ácidos graxos voláteis formados são fracos e, uma boa silagem, com pH de 3,8 a 4,0, somente 10% destes ácidos estão ionizados.

A presença deste ácido está relacionada à fermentação heteroláctica, esta é de menor eficiência energética quando comparada à

fermentação homoláctica. Entretanto, o acetato contribui, em pequena escala, para a que o pH do meio apresente um valor adequado. Segundo Nogueira (1995), a silagem para ser considerada de boa qualidade deve apresentar menos de 2,0 mg% de ácido acético, como pode ser observado na tabela 17, todos os genótipos avaliados apresentaram valores inferiores ao citado por Nogueira (1995), com 56 dias de fermentação. Deste modo as silagens são classificadas como tendo um padrão fermentativo muito bom, com valores oscilando de 0,00% a 0,06%.

Um ponto importante a ser considerado é que a fermentação pelas bactérias lácticas não resulta, necessariamente, em perda de energia, equivalente à perda de MS. Segundo Muck (1988), a conversão homofermentativa de glicose a lactato resulta em zero e 0,7% de perdas de MS e energia, respectivamente, enquanto a fermentação heteroláctica converte glicose a lactato, etanol e dióxido de carbono, com 24% e 1,7% de perdas de MS e energia, respectivamente.

### 4.5.3. Ácido Propiônico

Na tabela 15 estão os valores de ácido propiônico encontrados neste experimento. Não foi observada diferença estatística entre os genótipos, porém, houve diferença estatística entre os de períodos abertura ( $p < 0,05$ ). Os genótipos apresentaram variação nos valores de ácido propiônico de 0,28% a 0,33%, com valor médio de 0,31%. Entre os períodos de abertura, os maiores valores encontrados, foram nos dias 28 e 56 de fermentação, com 0,36%, seguidos pelos dias 14, sete, cinco e três, com valores de 0,34%; 0,30%; 0,26% e 0,27%, respectivamente.

No primeiro dia de abertura foi obtido o menor valor de propionato, com 0,22%.

Os valores de propionato variaram de 0,33 a 0,45% no dia 56 entre os genótipos. Rocha Júnior (2000a) descreve valores de 0 a 0,36% para este mesmo período de fermentação, ao avaliarem o perfil de fermentação de silagens de sorgo. Borges (1995) relatou valores inferiores aos encontrados neste experimento, variando de 0,0133% a 0,0254% para o dia 56 de abertura.

**Tabela 15 – Teores de ácido propiônico (mg%) das silagens de seis genótipos de sorgo nos diferentes períodos de abertura.**

Período <sup>1</sup>	1	3	5	7	14	28	56	Média
<b>Híbrido</b>								
<b>BR 700</b>	0,13	0,24	0,25	0,30	0,40	0,36	0,33	0,29
<b>BRS 610</b>	0,24	0,26	0,23	0,35	0,31	0,32	0,36	0,30
<b>0249345</b>	0,26	0,30	0,30	0,23	0,30	0,42	0,34	0,31
<b>0249351</b>	0,20	0,29	0,28	0,23	0,30	0,33	0,34	0,28
<b>0249313</b>	0,23	0,23	0,21	0,34	0,38	0,43	0,45	0,32
<b>0249311</b>	0,26	0,30	0,33	0,37	0,33	0,37	0,38	0,33
<b>Média</b>	0,22 <sup>b</sup>	0,27 <sup>ab</sup>	0,26 <sup>ab</sup>	0,30 <sup>ab</sup>	0,34 <sup>ab</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,31

<sup>1</sup>Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (mesmo período). Teste SNK, ( $p < 0,05$ ). CV= 33,602%

Baixos teores de ácido propiônico são esperados em silagens de boa qualidade, bem preservadas, pois este ácido é produto de fermentações secundárias, de bactérias ácido-propionicas e secundariamente pela ação de clostrídios. A contribuição para o abaixamento do pH por este ácido é muito baixa, praticamente insignificante.

Na avaliação dos ácidos orgânicos para as silagens testadas por este trabalho, a presença do ácido butírico não foi detectada, seja para os diferentes híbrido, seja para os diferentes períodos de aberturas analisados.

Apesar da pequena participação deste ácido na redução do pH, sua presença tem extrema importância na manutenção da estabilidade aeróbica da silagem, pois, este ácido possui ação antimicrobiana, apesar da pouca importância na queda do pH, como mencionado anteriormente. A ação deste ácido é dependente do baixo pH do meio e de uma quantidade mínima na forma não ionizada (Merry e Davies, 1999).

Nogueira (1995) também obteve o mesmo comportamento ao analisar silagens de sorgo granífero, podendo ser atribuída a ausência deste ácido ao fato de que este tipo de forrageira propicia melhores padrões de fermentação em relação aos demais tipos de sorgo, sejam eles o sorgo de duplo propósito, ou o sorgo forrageiro.

Em silagens bem preservadas, espera-se que este ácido apresente-se em concentrações baixas ou nulas, uma vez que, o ácido butírico é originário de fermentações secundárias (Van Soest, 1994).

### 4.5.4. Ácido Butírico

A presença deste ácido está relacionada a grandes perdas de MS e energia, resultantes principalmente da ação clostridiana dentro do

silo. Estes microrganismos multiplicam-se quando encontram ambiente propício, com baixos teores de MS, baixos conteúdos de carboidratos solúveis e alta capacidade tampicante da forragem. O desejável é que as silagens não apresentem este tipo de ácido orgânico, como foi observado no presente experimento.

### 5. Classificação das silagens dos genótipos de sorgo

A classificação da qualidade das silagens

**Tabela 16 - Teores de Matéria Seca (MS), pH, nitrogênio amoniacal N-NH<sub>3</sub> (%NT), digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), ac. láctico (mg%), ac. acético (mg%) e ac. butírico (mg%), obtidos aos 56 dias de ensilagem**

Híbrido	MS (%)	pH	N-NH <sub>3</sub> /NT (%)	DIVMS (%)	Ac. Láctico (mg%)	Ac. Acético (mg%)	Ac. Butírico (mg%)
BR 700	39,23	3,89	2,02	56,93	4,90	0,06	-
BRS 610	28,42	3,77	5,00	59,18	6,95	0,06	-
0249345	26,76	4,11	1,76	53,39	6,80	0,04	-
0249351	27,64	3,73	2,07	51,29	15,69	0,04	-
0249313	36,07	3,84	1,77	49,64	5,80	0,06	-
0249311	26,92	3,73	1,57	52,14	6,32	0,00	-

**Tabela 17 – Classificação das silagens de acordo com os parâmetros dispostos na tabela 1.**

Híbrido	MS (%)	pH	N-NH <sub>3</sub> /NT (%)	DIVMS (%)	Ac. Láctico (mg%)	Ac. Acético (mg%)	Ac. Butírico (mg%)
BR 700	Muito Boa	Boa	Muito Boa	Boa	Boa	Muito Boa	Muito Boa
BRS 610	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa
0249345	Boa	Boa	Muito Boa	Média	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa
0249351	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Média	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa
0249313	Muito Boa	Boa	Muito Boa	Média	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa
0249311	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Média	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa

Para os teores de Matéria Seca somente as silagens dos genótipos BR 700 e 0249313, foram classificadas como de muito boa qualidade, os demais genótipos foram classificados como silagens com bons teores de MS.

Ao avaliarem-se os valores de pH, os genótipos BRS 610, 0249351 e 0249311, foram classificados como de muito boa qualidade, enquanto os demais genótipos, BR700, 0249345

avaliadas foi realizada de acordo com os parâmetros de matéria seca (MS), pH, nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>/NT), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), ácido láctico, ácido acético e ácido butírico. Os parâmetros estão dispostos na tabela 1.

Na tabela 16 estão os dados das silagens aos 56 dias de fermentação, que foram utilizados para a classificação das silagens.

e 0249313, foram classificados como de boa qualidade.

Quanto ao parâmetro N-NH<sub>3</sub>/NT, todos os materiais desenvolvidos pela EMBRAPA MILHO E SORGO, testemunhas e genótipos testes, apresentaram valores inferiores a 10%, sendo deste modo classificados como de muito boa qualidade.

Para os valores de DIVMS, os genótipos BR 700 e BRS 610, foram classificados como de boa qualidade. Já os demais genótipos avaliados, 0249351, 0249311, 0249345 e 0249313, foram classificados como de qualidade mediana, de acordo com seus valores de digestibilidade.

Quando o parâmetro de avaliação foram os ácidos orgânicos, ácido lático, ácido acético e ácido butírico, todos os genótipos, com exceção do BR 700, que foi considerado como de boa qualidade para os valores de ácido lático, apresentando valor inferior a 5,0 mg% deste ácido em sua silagem, os demais apresentaram valores acima do limite citado anteriormente, assim como para os valores de ácido acético e ácido butírico, todos os genótipos obtiveram valores inferiores a 2,0 mg % e 0,1 mg%, para os respectivos ácidos, sendo o ácido butírico, considerado ausente das silagens de todos os genótipos testados.

## 6. CONCLUSÃO

Os genótipos de sorgo avaliados neste experimento apresentaram bom padrão de fermentação e boa qualidade da silagem. Os nutrientes avaliados dos genótipos durante o estudo apresentaram-se estáveis ao processo de ensilagem.

Deste modo, todos os genótipos desenvolvidos pela EMBRAPA MILHO e SORGO, mostraram-se promissores como materiais para a confecção de silagens, demonstrando bom perfil fermentativo, quantidades satisfatórias de carboidratos solúveis, frações fibrosas (FDN, FDA, CEL, HCEL), bons valores de proteína, e teores satisfatórios de lignina. Recaindo desta forma, a escolha do melhor híbrido com base em suas características agrônômicas e resistência a pragas e doenças, que não foram contempladas no presente trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC. Technical committee on responses to nutrients. Report n. 2. Characterization of feedstuffs. *Nutr. Abstr. Rev.*, Ser. B. v. 57, p. 713– 736, 1987.

ALVARENGA, M.C.V. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, em carneiros. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1994. 82p. (Dissertação de Mestrado).

ANDRADE, J.B., CARVALHO, D.D. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo II: Digestibilidade e consumo da silagem. *Boletim da Indústria Animal*, v.49, n.2, p.101-106,1992.

ANTUNES, F.Z. Exigências climáticas da cultura de sorgo. *Informe agropecuário*, v.5, n. 56, p. 6-12, 1979.

ARAÚJO, V. L. Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2002. 47p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis. 13.ed. Washington, 1980, 1015p.

BARUQUI, A. M. Solos para a cultura do sorgo. *Informe agropecuário*. v. 56, n. 5, p. 12- 13, 1979.

BERNARDINO, M.L.A. Avaliação nutricional de silagens de genótipos de sorgo (*Sorghum Bicolor* (L) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1996. 87p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia).

BORGES, A. L. C. C. Qualidade de silagens de genótipos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1995. 104p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)

BRITO, A. F. Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e seus padrões de fermentação. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 129p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)

- BUXTON, D. R. Quality- related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 59, n. 1- 3, p. 37– 49, 1996.
- CÂNDIDO, M.J.D. Qualidade e valor nutritivo de silagens de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de recomendações de adubação. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 57p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- CARVALHO, A.U. Níveis de concentrado na dieta de zebuínos: consumo, digestibilidade e eficiência microbiana. Viçosa: Escola de Zootecnia, 1996. 113p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- CARVALHO, D.D.; ANDRADE, J.B.; BIONDI, P.; et al. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. I – Produção de matéria seca e proteína bruta. *Boletim da Indústria Animal*, v. 49, n. 2, p. 91-99, 1992.
- CHURCH, D. C. The ruminant animal digestive physiology and nutrition. Prentice Hall: New Jersey, 1988, 564p.
- CORRÊA, C. E. S. Qualidade da silagem de três genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em diferentes estádios de maturação. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1996. 121p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- CUMMINS, D. G. Yield and quality changes with maturity of silage- type sorghum fodder. *Agronomy J.*, v. 73, n. 6, p. 988– 990, 1981.
- ESMAIL, S. H. M.; BOLSEN, K. L.; PFAFF, L. Maturity effects on chemical composition, silage fermentation and digestibility of whole plant grain sorghum and soya-bean silages fed to beef cattle. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 33, n. 1- 2, p. 79– 85, 1991.
- FERRARIS, R., CHARLES-EDWARDS, D.A. A comparative analysis of the growth of sweet and forage sorghum crops. II Accumulation of soluble carbohydrates and nitrogen. *Australian Journal Agriculture Research*, v.37, n.5, p.513-522, 1986.
- FERREIRA, J.J.C. Qualidade e perfil de fermentação das silagens de seis genótipos de sorgo. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. 64p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- FISHER, D. S.; BURNS, J. C. Quality analysis of summer anual foragens. II. Effects of foragens carbohydrate constituents nos silage fermentation. *Agron. J.*, v. 79, p. 242-248, 1987.
- FRITZ, J.O.; MOORE, J.K.; JASTER, E.H. *In situ* digestion kinetics and ruminal turnover rates of normal and brown midrib mutant sorghum vs Sudan grass hays fed to non-lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v. 71, n. 11, p. 3345-3351, 1988.
- GENRO, T. C. M.; QUADROS, F. L. F.; COELHO, L. G. M.; FILHO, R. C. C. Produção e qualidade de silagens de genótipos de milho (*Zea mays*) e de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*). *Ciencia rural.*, v. 25, n.3, p. 461– 464, 1995.
- GOMIDE, J.A. et al. Milho e sorgo em cultivos puros ou consorciados com soja, para produção de silagens. *Rev.Bras.Zootec.*, v.16, n.4, p.308-317, 1987.
- GOURLEY, L.M., LUSK, J.W. Genetics parameters relatec to sorghum silage quality. *Journal Science Food Agriculture*, v.61, n.12, p.1821-1827, 1978.
- GUIMARÃES, JR., R. Potencial forrageiro, perfil de fermentação e qualidade das silagens de três genótipos de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.). R. Br.]. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 44p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- HAIGH, P.M. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather coonditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. *Grass Forage Science*, v.45, p.263-271, 1990.
- HART, S. P. Effects of altering the grain content of sorghum silage on its nutritive value. *J. Anim. Sci.*, v. 68, n. 11, p. 3832– 3842, 1990.
- HENDERSON, N. Silage additives. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 45, n. 1, p. 35– 56, 1993.

- JAYME, D. G. Qualidade das silagens de genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) confeiteiros e produtores de óleo. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 44p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- JUNG, H. J. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agronomy J.*, v. 81, n. 1, p. 33– 37, 1989.
- MAIA, F. S. Qualidade e padrão de fermentação das silagens de seis cultivares de milho (BR 106, BR 205, HD 9486, AG 1051, C 701, F0- 01). Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2001. 46p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- MALOSSINI, F.; PACE, V.; SETTINERI, D. Effeto dei tanini e delle frazioni fibrose sulla digeribilità della granella di sorgo. *Zootec. Nutr. Anim.*, v. 14, n. 3, p. 199-206, 1988.
- MARINHO, A.A.M. Influência dos taninos no comportamento dos microorganismos e suas implicações nas transformações microbianas no trato gastrointestinal dos ruminantes. *Rev. Port. de Ciências Veterinárias*, v. 79, n. 469, p. 5-21, 1984.
- McBEE, G.G.; MILLER, F.R. Carbohydrate and lignin partitioning in sorghum stems and blades. *Agronomy Journal*, v.82, p. 687-690, 1990.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. The Biochemistry of silage. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- McKERSIE, B. D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. *Agronomy J.*, v. 77, n. 1, p. 81– 86, 1985.
- MERRY, R. J.; DAVIES, D. R. Propionibacteria and their role in the biological control of aerobic spoilage in silage. *Lait.*, v. 79, n. 1, p. 149– 164, 1999.
- MEESKE, R; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G.; KIPNIS, T. Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 43, n. 3- 4, p. 165– 176, 1993.
- MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 47, n. 1- 2, p. 107– 124, 1994.
- MOLINA, L.R. Avaliação nutricional de seis genótipos de sorgo colhidos em três estádios de maturação. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2000. 65p. *Tese* (Doutorado em Nutrição Animal).
- MORRISON, I.M. Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. *J. Agric. Sci.*, v. 93, n. 3, p. 581-586, 1979.
- MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.*, v. 71, n. 11, p. 2992– 3002, 1988.
- NEAL, H. D. ST. C.; THORNLEY, J. H. M. A model of the anaerobic phase of ensiling. *Grass and Forage Science.*, v. 38, n. 2, p. 121- 134, 1983.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; FILHO, D. C. A.; et al. Avaliação de diferentes genótipos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. *R. Bras. Zootec.*, v. 31, n.1 p. 302– 312, 2002 (Suplemento).
- NOENBERG, J. L.; MEDEIRO, F. S.; SILVA, S. P.; CHIELLE, Z. G.; BRAUN, J. Valor nutritivo de diferentes cultivares de sorgo para silagem. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 44, REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 27; 1999. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: FEPAGRO, 1999. p. 162– 165.
- NOGUEIRA, F. A. S. Qualidade das silagens de genótipos de sorgo de porte baixo com e sem tanino e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação, em condições de laboratório. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1995. 78p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- NORTON, B. W. Differences between species in forage quality. In: HACKER, J. B. (ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p. 89- 110.

- NÚSSIO, L. G. Cultura do milho para a produção de silagem de alto valor alimentício. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, IV. *Anais...* Piracicaba, FEALQ, 1991. p. 59- 168.
- National Research Council, 1989. Nutrient Requirement of Dairy Cattle. National Academic Press, Whashington, D.C., 90p.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National. Academic., 2001, 157 p.
- OJEDA, F.; DÍAZ, D. Estúdio de diferentes porporciones de sorgo y dolichos ensilados com y sien preservativos. *Pastos y Forrajes*, v.15, n.1, p.77-87, 1992.
- OLIVEIRA, C.L.M. Avaliação nutricional de silagens de genótipos de *Sorghum bicolor* X *Sorghum sudanense*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999, 63p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia).
- OSHIMA, M.; MCDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *J.Sci. Food Agric.*, v. 29, n. 6, p. 497– 508, 1978.
- PAIVA, J. A. J. Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1976, 83p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia).
- PAUL, C.L. Agronomia del sorgo. Patancheru: ICRISAT, 301p, 1990.
- PEREIRA, O. D.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, A. C. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. *Rev. Soc. Braz. Zoot.*, v. 22, n.1, p. 31– 38, 1993.
- PESCE, D. M. C. Avaliação de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes médio e alto pertencentes ao Ensaio Nacional. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1998. 88p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- PETTERSOSON, K. L.; LINDGREN, S. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. *Grass and Forage Science.*, v. 45, n. 2, p. 223- 233, 1990.
- RESENDE, J. A. Características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de cultivares de sorgo. Lavras: UFLA, 2001. 53p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecina)
- RIBEIRO, C.G.M. Perfil de fermentação e qualidade das silagens de cinco genótipos de sorgo (BR 700, Vomuaux, 0249339, 0249341 e 02499317) [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. 49p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecina)
- ROCHA JR, V.R. Qualidade das silagens de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e seus padrões de fermentação. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 132p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia)
- ROCHA JR, V. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem II. Padrão de fermentação. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.*, v. 52, n.5, p. 512– 520, 2000(a).
- ROCHA JR, V. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção d silagem III. Valor nutricional. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.*, v. 52, n.6, p. 627– 633, 2000 (b).
- SANTOS, L.A. Silagens de milho e sorgo: Rendimento, qualidade e custom operacional. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996. 131p. *Dissertação* (Mestrado em Produção Vegetal)
- SCHMID, A. R.; GOODRICH, R. D.; JORDAN, R. M.; et al. Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. *Agronomy J.*, v. 68, n. 2, p. 403– 406, 1976.
- SCHEFFER DE ROJAS, S.M. Efeitos dos aditivos e do momento de vedação na qualidade da silagem de milho em condições de laboratório. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 1976. 83p. (*Dissertação*, Mestrado).

- SILVA, A. V. Qualidade das silagens de treze genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1996. 98p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).
- SILVA, F. F. Qualidade de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo, folha e panícula. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1997. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)
- SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1975, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESAIQ. 1975. p.156-186.
- SOUSA, A.Q. Por que suas vacas têm problemas de cascos? *Minas de leite*, v.3, n.34, p.4-5, 1997.
- STREETER, M.N. et al. Chemical and physical properties and in vitro dry matter and starch digestion of eight sorghum grain hybrids and maize. *Animal Feed Science and Technology*, v.44, n.1/2, p.45-58, 1993.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, v. 18, n. 2, p. 104- 111, 1963.
- TONANI, F.L. Valor nutritivo das silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.) em diferentes estádios de maturação de grãos. Viçosa: UFV, 1995, 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).
- VALENTE, J.O. Introdução. In: Manejo cultural do sorgo para forragem. Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS, n.17, p.5-7, 1992.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 9, p. 3583– 3597, 1991.
- VAN SOEST, P. J. Nutrition and ecology of the ruminant. 2 ed., Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VEIGA, S.C. Aspectos econômicos da cultura do sorgo. *Inf. Agropec.*, n. 144, p. 3-5, 1986.
- WHITE, J.S. Forage sorghum silage dry matter disappearance as influenced by plant part proportion. *Animal Feed Science and Technology*, v.3/4, p.313-322, 1991.
- WHITE, J. S.; BOLSEN, K. K.; POSLER, G. et al. Forage sorghum silage dry matter disappearance as influenced by plant part proportion. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 33, n. 3- 4, p. 313– 322, 1991.
- ZAGO, C.P.; CRUZ, M.E.; GOMIDE, J.A. Avaliação do desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho e de sorgo. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia, Reunião Anual, 26, 1989, Porto Alegre. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1989, p.290
- ZAGO, C.P.; RIBAS, P.M. AG-2005-E novo híbrido forrageiro para silagem e grãos. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia, Reunião Anual, 26, 1989, Porto Alegre. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1989, p.290
- ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, IV. *Anais...* Piracicaba, FEALQ, 302 p., 1991.
- ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: Manejo Cultural do Sorgo para forragem. Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS, n.17, p. 9-26, 1997.