

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação

**QUALIDADE E PERFIL DE
FERMENTAÇÃO DAS SILAGENS DE SEIS
GENÓTIPOS DE SORGO**

JAIRO JOSÉ COSTA FERREIRA

Belo Horizonte
Escola de Veterinária da UFMG
2005

JAIRO JOSÉ COSTA FERREIRA

**QUALIDADE E PERFIL DE
FERMENTAÇÃO DAS SILAGENS DE
SEIS GENÓTIPOS DE SORGO**

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.
Orientadora: Ana Luiza Costa Cruz Borges

Belo Horizonte
Escola de Veterinária da UFMG
2005

X111x **Ferreira, Jairo José Costa, 1978-**
2005 **Avaliação da qualidade e do perfil de fermentação das silagens de**
 seis genótipos de sorgo / Jairo José Costa Ferreira. – Belo Horizonte :
 UFMG – Escola de Veterinária, 2005.
 66p.: il.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Escola de Veterinária

CDD – 111.1

Prof^a. Ana Luiza Costa Cruz Borges

Prof. Iran Borges

Dr. José Avelino Santos Rodrigues

Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

Dr. Thierry RibeiroTomich

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Professora Ana Luiza Costa Cruz Borges, pela orientação no mestrado.

Ao Professor Lúcio Carlos Gonçalves, pela possibilidade e grande ajuda na realização deste trabalho.

Ao Professor Iran Borges, pela disponibilidade e ajuda nas análises estatísticas.

Ao Dr. José Avelino, pelos esclarecimentos e ajuda na elaboração deste trabalho.

Aos amigos da Pós, Ricardo, Armanda, Vera, Robertinho, Lucas, kiko, Cláudia, Maria Izabel, Paula, Walter e Joan.

Aos meus pais, Miguel e Maria Paulina. Ao meu irmão Ciro. Aos meus primos, Gláucia, Simone e João Paulo e tios, Terezinha e Nériton.

A todos que me ajudaram no Laboratório, Toninho, Kelly, Marcos, Júnior e Carlos.

Às instituições Capes, UFMG e EMBRAPA Milho e Sorgo.

SUMÁRIO

RESUMO	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Dados agronômicos da cultura de sorgo.....	13
2.1.1 Algumas considerações sobre a cultura do sorgo.....	13
2.1.2 Dados de produção de matéria verde (MV), matéria seca (MS) e matéria seca digestível (MSD).....	14
2.1.3 Importância da proporção folha/colmo/panícula.....	15
2.2. Importância do teor de matéria seca (MS) para o processo de ensilagem.....	16
2.3. Mudanças que ocorrem com o valor de pH no processo de ensilagem.....	17
2.4. Mudanças que ocorrem com os carboidratos no processo de ensilagem.....	19
2.4.1 Carboidratos Solúveis (CHOS).....	19
2.4.2 Amido.....	21
2.4.3 Componentes da parede celular.....	21
2.5. Alterações que podem ocorrer com os compostos nitrogenados no processo de ensilagem.....	22
2.6. Fases do processo de ensilagem.....	24
2.7. Microflora da silagem.....	25
2.8. Ácidos orgânicos resultantes do processo de ensilagem.....	28
2.9. Algumas considerações sobre a Digestibilidade "in vitro" da Matéria Seca (DIVMS).....	29
3. Qualidade da silagem.....	30
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Material utilizado.....	31
4.1 Genótipos.....	31
4.2 Dados agronômicos.....	31
4.3 Ensilagem.....	31
4.4 Preparo do material e análises laboratoriais.....	32
4.5 Análise estatística.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1. Dados agronômicos dos híbridos de sorgo.....	34
5.1.1 Número de plantas por hectare.....	34
5.1.2 Altura dos híbridos de sorgo.....	34
5.1.3 Dados de produção de Matéria Verde, Matéria Seca e Matéria Seca Digestível por hectare.....	34
5.1.4 Proporção panícula/folha/colmo dos híbridos de sorgo.....	36
5.2. Composição química do material original e das silagens dos híbridos de sorgo....	37
5.2.1 Matéria Seca (MS) do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	37
5.2.2 Proteína Bruta (PB) do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	38
5.2.3 Carboidratos Solúveis (CHOS) das silagens dos híbridos de sorgo.....	40

5.2.4 Fibra em Detergente Neutro (FDN) do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	41
5.2.5 Fibra em Detergente Ácido (FDA) do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	42
5.2.6 Hemicelulose do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	43
5.2.7 Celulose do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	44
5.2.8 Lignina do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	45
5.3. Qualidade do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	46
5.3.1 Digestibilidade "in vitro" da matéria seca (DIVMS) do material original e das silagens dos híbridos de sorgo.....	46
5.3.2 Valores de pH das silagens dos híbridos de sorgo.....	47
5.3.3 Nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH ₃ / NT) das silagens dos híbridos de sorgo.....	48
5.3.4 Teores de Ácido Lático das silagens dos híbridos de sorgo.....	49
5.3.5 Teores de Ácido Acético das silagens dos híbridos de sorgo.....	50
5.3.6 Teores de Ácido Propiônico das silagens dos híbridos de sorgo.....	51
5.3.7 Teores de Ácido Bútrico das silagens dos híbridos de sorgo.....	52
5.4 Classificação das silagens dos híbridos de sorgo.....	52
6. CONCLUSÕES.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

Lista de Tabelas

Tabela 1-	Parâmetros utilizados para qualificação das silagens.....	30
Tabela 2-	Esquema de análise de variância para análise dos dados agronômicos (número de plantas por hectare, altura das plantas, produção de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível toneladas/hectare, e relação folha/colmo/panícula).....	33
Tabela 3-	Esquema de análise de variância para análise da composição nutricional das silagens nos dias de abertura 1; 3; 5; 7; 14 e 28.....	33
Tabela 4-	Esquema de análise de variância para análise da composição nutricional (material original e das silagens no dia de abertura 56).....	33
Tabela 5-	Esquema de análise de variância para análise dos padrões de fermentação (pH, N-amoniaco e ácidos orgânicos) das silagens nos dias de abertura 1; 3; 5; 7; 14 e 28.	33
Tabela 6-	Esquema de análise de variância para análise dos padrões de fermentação (pH, N-amoniaco e ácidos orgânicos) das silagens nos dias de abertura 56.....	34
Tabela 7-	Dados agronômicos dos híbridos: número de plantas por hectare (NP/ha) (1000/ha), altura das plantas (metros), produção de matéria verde (MV/t/ha), matéria seca (MS/t/ha) e matéria seca digestível (MSD/t/ha) toneladas/hectare.....	35
Tabela 8-	Proporção panícula/folha/colmo dos híbridos, expressos em porcentagem da matéria seca (MS).....	36
Tabela 9-	Valores de matéria seca do material original e das silagens dos híbridos.....	37
Tabela 10-	Valores de proteína bruta do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca.....	39

Tabela 11-	Valores de carboidratos solúveis das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca.....	40
Tabela 12-	Valores de FDN (fibra detergente neutro) do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca.....	41
Tabela 13-	Valores de FDA (fibra detergente ácido) do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca.....	43
Tabela 14-	Valores de hemicelulose do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca.....	43
Tabela 15-	Valores de celulose, do material original e das silagens dos híbridos expressos na porcentagem da matéria seca.....	44
Tabela 16-	Valores de lignina do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca.....	45
Tabela 17-	Valores de digestibilidade "in vitro" do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca.....	46
Tabela 18-	Valores de pH das silagens dos híbridos nos diferentes períodos de abertura.....	47
Tabela 19-	Teores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (NH ₃ /NT) das silagens dos híbridos, em diferentes tempos de abertura.....	48
Tabela 20-	Teores de ácido láctico (mg%) das silagens dos híbridos nos diferentes períodos de abertura.....	50
Tabela 21-	Teores de ácido acético (mg%) das silagens dos híbridos nos diferentes períodos de abertura.....	51

Tabela 22-	Teores de ácido propiônico (mg%) das silagens dos híbridos nos diferentes períodos de abertura.....	52
Tabela 23-	Teores de Matéria Seca (MS), pH, N-NH ₃ (%NT), digestibilidade <i>in vitro</i> da MS (DIVMS), ácido láctico (mg%), acético (mg%) e butírico (mg%), obtidos aos 56 dias de ensilagem.....	53
Tabela 24-	Classificação das silagens.....	53
Tabela 25-	Correlações entre parâmetros avaliados nas silagens (p <0,05).....	62
Tabela 26-	Correlações entre variáveis agrônômicas (p <0,05).....	63

RESUMO

Foram avaliados os dados agronômicos, o perfil de fermentação e a qualidade nutricional das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Eles foram plantados nas dependências da EMBRAPA Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas, Minas Gerais. No momento da colheita foram determinados os parâmetros agronômicos, como: altura média das plantas, número de plantas por hectare, proporção panícula/folha/colmo, dados de produção de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível por hectare. Para a análise do padrão de fermentação e qualidade foram confeccionados silos de PVC. Foram avaliados oito períodos, sendo que um destes é a forragem antes de ensilar (P0). Os silos foram abertos com 1; 3; 5; 7; 14; 28 e 56 dias de fermentação, que correspondem a P1; P2; P3; P4; P5; P6 e P7, respectivamente. No momento de abertura foram coletadas amostras de suco da silagem para determinação de pH, porcentagem do nitrogênio amoniacal no nitrogênio total (N-NH₃/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), componentes de parede celular (fibra detergente neutro-FDN, fibra detergente ácido-FDA, hemicelulose, celulose e lignina) e a Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS). A concentração de Carboidratos Solúveis (CHOS) foi mensurada apenas nas silagens. O híbrido 1 obteve 160.950 plantas/hectare, enquanto o 5 e 6 foram estatisticamente inferiores ($p < 0,05$) ao 1, com valores de 94.760 e 107.610 plantas/hectare, respectivamente. Os híbridos 2 e 6, com valores de 2,70 e 2,72 m de altura, foram estatisticamente superiores ($p < 0,05$) aos demais, que obtiveram variação de 2,30 a 2,43 m. Eles não apresentaram diferença estatística na produção de Matéria Verde/hectare. O híbrido 2 apresentou maior produção de Matéria Seca/ha (18,12) do que o 1; 3; 4; 5 e 6, com variação de 10,30 a 14,22 t/ha. O mesmo ocorreu para a produção de Matéria Seca Digestível/ha, o híbrido 2 foi superior com 10,76 t/ha. Enquanto que, os outros genótipos apresentaram valores semelhantes entre eles, com variação de 5,83 a 8,48 t/ha. Não houve diferença estatística nas proporções de panícula/folha/colmo, com valores que oscilaram de 42,61 a 55,14; 20,75 a 25,73 e 22,85 a 32,75% na MS, respectivamente. O cultivar 2 apresentou maior teor de Matéria Seca (31,91%) médio, enquanto o 3 foi estatisticamente ($p < 0,05$) mais baixo (28,45%). Houve elevação do teor de MS com o processo de ensilagem (27,33 e 29,21%, material original e 56 dias de fermentação, respectivamente). Quanto à proteína bruta, o híbrido 3 foi estatisticamente superior (7,45% na MS) ($p < 0,05$) e o 6 inferior (5,60%), quando comparados com os demais híbridos. Os híbridos não apresentaram alterações dos componentes da parede celular com o processo de ensilagem. Os valores médios de Fibra Detergente Ácido, Celulose e Hemicelulose não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) entre os híbridos (25,25; 21,43 e 27,70%, respectivamente). Entretanto, teores médios de Fibra Detergente Neutro (FDN) e Lignina foram diferentes estatisticamente ($p < 0,05$). O híbrido 6 foi superior para FDN e lignina (55,15 e 4,65%, respectivamente). O cultivar 4 apresentou valor elevado de Digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS= 60,12%) em relação aos demais que tiveram oscilação de 53,17 a 59,64% na MS. 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 3,69 a 3,98, as concentrações de ácido láctico variaram de 4,91 a 7,07 mg%, de ácido butírico de 0,00 a 0,09 mg%, e de ácido acético se mostraram inferiores a 0,50 mg%.

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

1. INTRODUÇÃO

Em muitas regiões do Brasil o clima se apresenta de forma bem característica, ou seja, as estações do ano são bem delimitadas. No verão há o período quente e chuvoso do ano, onde se concentra a maior produção de forragem, sendo que cerca de 90% da produção ocorre nessa época. O contrário ocorre no período frio do ano, em que as chuvas são escassas e a temperatura declina. Sendo assim, esse período, devido a fatores climáticos, restringe a produção de forragem em quantidade.

Diante disso, os produtores se vêem obrigados a armazenar o excesso de alimento que é produzido na época favorável do ano, que em geral se estende de novembro a março, para poder ser utilizado na época de escassez. São grandes os transtornos de um produtor que não armazena o alimento volumoso para o período de estiagem, dentre eles, podem-se considerar prejuízos na reprodução, menor desempenho dos animais, podendo ocorrer até a morte destes. Existem muitas formas de armazenar a forragem, como a confecção de feno, pastejo diferido, utilização de cana-de-açúcar e da silagem.

No Brasil a técnica de utilização da silagem se encontra bem difundida, sendo largamente utilizada. As culturas do milho e do sorgo têm sido as espécies mais utilizadas no processo de ensilagem, por sua facilidade de cultivo, altos rendimentos e, especialmente, pela qualidade da silagem produzida, sem a necessidade de aditivo para estimular a fermentação (Zago, 1999).

O sorgo pode ser plantado no Centro-Sul do Brasil de agosto até meados de abril e seu uso para silagem se justifica pelas suas características agrônômicas, com alta produção de forragem, maior tolerância à seca e ao calor, capacidade de explorar maior volume de solo, por apresentar um

sistema radicular abundante e profundo, pela possibilidade de se cultivar a rebrota, com produção que pode atingir até 60% do primeiro corte, quando submetido a manejo adequado (Zago, 1999; Torrecillas, 2001). Devido a essas características, o cultivo de sorgo aumentou muito no Brasil, cerca de 537,1% nos últimos 14 anos, com taxa anual de crescimento de 38,4%. Nesse mesmo período houve um aumento de 52,8% na produtividade (3,8% ao ano) e, principalmente, de 316,9% na área cultivada (22,6% ao ano) (Mello, 2004).

De acordo com o quarto levantamento da safra 2003/2004 (CONAB, 2004), a cultura do sorgo granífero apresentou um incremento de 10,6% na produção total em relação à safra 2002/2003, ou seja, de 1,7 para 1,9 milhão de toneladas. Esse fato foi ocasionado pelo aumento da área cultivada em 10,4%, enquanto a produtividade se manteve praticamente estável (2.307 e 2.310 tonelada/ha para os anos agrícolas 2002/2003 e 2003/2004, respectivamente).

De acordo com Zago (2004), citado por Mello (2004), a área cultivada de sorgo para a produção de silagem no Brasil do ano agrícola 2003/2004 foi cerca de 160 mil hectares. Essa cultura, com o objetivo de produção de silagem, teve um aumento expressivo da área plantada, crescendo de 55 mil hectares do ano agrícola 1991/1992 (Zago, 1999) para os 160 mil hectares em 2003/2004.

Apesar da silagem de sorgo ter de 85 a 90% do valor nutritivo da silagem de milho, ela é uma alternativa a ser considerada para regiões em que as condições hídricas não favorecem o desempenho da cultura de milho (Zago, 1991).

A EMBRAPA Milho e Sorgo e empresas privadas possuem programas de melhoramento de sorgo com o objetivo de desenvolver cultivares que sejam produtivos e resistentes às principais doenças. De

acordo com Fernandes (1979), o uso de híbridos resistentes constitui-se num dos mais importantes meios de controle das doenças das plantas cultivadas. Sempre que existem fontes satisfatórias de resistência, que possibilitem a obtenção de cultivares resistentes, o emprego destas no controle das doenças é sempre a medida mais econômica e eficiente.

O objetivo deste trabalho foi avaliar seis híbridos de sorgo, de colmo seco e porte alto. Dentre estes, quatro são novos cultivares desenvolvidos pela EMBRAPA Milho e Sorgo. Foram mensurados dados agronômicos como produção de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível, altura das plantas, número de plantas por hectare e a proporção panícula/ folha/colmo. Nas silagens foi avaliado o perfil de fermentação, em que se mensurou pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos. Além do perfil de fermentação, avaliou-se a qualidade nutricional do material original e das silagens, quantificando a porcentagem de matéria seca (MS), de proteína bruta (PB), carboidratos solúveis (CHOS), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e os constituintes da parede celular (fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Dados agronômicos da cultura do sorgo

2.1.1. Algumas considerações sobre a cultura do sorgo

Diversas gramíneas e leguminosas podem ser utilizadas para a confecção de silagem; entretanto, as culturas de milho e sorgo têm sido apresentadas como as espécies mais adaptadas ao processo de ensilagem. Isso é o resultado de um somatório de fatores, tais como o domínio dos tratamentos culturais, altos

rendimentos e, principalmente, a melhor composição em nutrientes dessas forrageiras (Zago, 1991).

Um dos critérios de escolha para o cultivo do sorgo se deve a sua maior resistência à deficiência hídrica. Enquanto que o milho precisa de cerca 700 mm de chuva para seu bom desempenho, o sorgo completa seu ciclo com 450 mm (Pizarro, 1978).

O sorgo é muito resistente à desidratação, o seu sistema radicular fibroso é muito extenso, tem um ritmo de transpiração eficaz e características foliares das xerófitas que atrasam a perda de água da planta. Resiste melhor que o milho à seca, assim como também tolera mais o excesso de umidade do solo. A temperatura ótima para o desenvolvimento do sorgo se situa entre 26 e 30°C, sendo que, na fase do florescimento, a temperatura média diária deve ser superior a 18°C (Antunes, 1979). Embora se desenvolva melhor em condições favoráveis de temperatura e umidade, adapta-se em condições semi-áridas e subúmidas melhor que qualquer outro cereal (Baruqui, 1979).

Apesar desta resistência à seca, o sorgo possui dois períodos críticos em que a cultura exige umidade no solo. O primeiro é o que vai até 20 a 25 dias após a germinação. O segundo corresponde à fase de polinização e granação, compreendida entre 50 a 60 dias após a germinação (Antunes, 1979).

As variedades ou híbridos de sorgo diferem quanto ao porte e ao tipo. De maneira geral, nos materiais mais recentes, o sorgo tipo granífero apresenta porte relativamente baixo (1,0 a 1,6 m), ciclo mais curto (ensilagem aos 100-115 dias), e alta proporção de grãos (60% na MS) com baixa produção de forragem. O sorgo forrageiro constitui-se de plantas mais vigorosas, com grande capacidade de produção de massa (altura de 2,0 a 3,0 m), com menor proporção de grãos e ciclo fenológico, em

média, mais longo (ensilagem aos 110 dias). Já as variedades de porte médio ou duplo propósito possuem produções intermediárias de grãos (20 a 30% na MS) e forragem (Silva et al., 1978, White et al., 1991, Cândido, 2000).

O espaçamento entre linhas adotado para cultura de sorgo gira em torno de 0,5 a 0,8 m (Silva, 1997). Silva et al. (1978) recomendam espaçamento entre linhas de 0,7 m, colocando-se 15 sementes/m de sulco, o que pode chegar a 200.000 plantas/ha, o que resulta em maiores rendimentos. O problema de se adensar demais a cultura está relacionado com o acamamento, por isso não se recomenda espaçamento entre linhas inferior a 0,5 m.

2.1.2. Dados de produção de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível por hectare

É importante conhecer não só a composição nutricional da forragem, mas também a produção de matéria verde (MV), e principalmente a de matéria seca (MS), pois é nessa que se encontra os nutrientes que são aproveitados pelos animais. Uma forma eficiente de avaliar a forrageira é por meio da quantificação da produção de matéria seca digestível, esse dado associa o rendimento forrageiro com o valor nutritivo. Esses dados sofrem influência de muitos fatores, como tipo de híbrido utilizado, época de plantio, nível de adubação empregada, tipo de solo, clima, estágio de colheita, entre outros. Conforme afirma Baruqui (1979), a cultura do sorgo cresce em uma ampla faixa de tipos de solos, podendo tolerar variações na fertilidade e no equilíbrio dos diversos nutrientes, porém os rendimentos culturais decrescem na medida que os níveis de fertilidade sejam baixos e mal equilibrados.

Com isso, ele apresenta grande variabilidade nas produções médias de MS/ hectare.

Meeske et al. (1993) encontraram de 11,8 e 16,4 t MS/ha (florescimento tardio e de grão pastoso, respectivamente), Esmail et al. (1991), de 12,3 (no estágio de grão pastoso), Carvalho et al. (1992), de 13,50; 13,89 e 14,32 (estádio grão leitoso, farináceo e duro, respectivamente) e Genro et al. (1995), de 10,14; 9,71 e 5,5 (híbridos AG2004E; AG2002 e AG2005E, respectivamente). Já Pereira et al. (1993), que trabalhando com os mesmos híbridos citados acima, obtiveram produções de 16,6; 18,00 e 14,6 t de MS/ha, respectivamente. Nörnberg et al. (1999) obtiveram dados de produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) de sorgos testados pelo “Ensaio Sulriongrandese de Sorgo silageiro-97/98”, que variaram de 11,43 a 32,5 t/ha e 2,44 a 7,24 t/ha, respectivamente.

Brito (1999) trabalhou com quatro genótipos de porte alto (2,2 a 3,1 m) e três de porte baixo (1,0 a 1,3 m) que foram colhidos no estágio de grão leitoso/pastoso. Eles encontraram média de número de plantas/ha de 113.744, as produções de MV e MS em t/ha variaram de 11,5 a 37,7 e 3,2 a 10,1, respectivamente. Sendo que os híbridos de maior porte, em geral, apresentaram maiores produções. Segundo os autores, as baixas produções desse experimento ocorreram por dois motivos: a época de plantio (janeiro) e o corte da planta no estágio de grão leitoso/pastoso. Eles justificam que devido à ação do fotoperíodo maior (janeiro), a planta emite mais rapidamente a panícula e cresce menos; já, com respeito ao estágio de colheita sabe-se que com o avanço da maturidade da planta ocorre aumento da fração panícula, resultando em elevação da produção de MS.

Quando se eleva o número de plantas por hectare ocorre elevação da produção de MS. Produções de MS de quatro híbridos de sorgo ganífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) da ordem de 24,3 e 18,7 toneladas por hectare foram alcançadas com densidades de 250000 e 150000 plantas por

hectare ($p < 0,05$), respectivamente (Torrecillas, 2001).

Cândido (2000) avaliou a silagem de cinco híbridos de sorgo (AG2002-forrageiro, porte alto e colmo suculento; AG2005E- duplo-propósito, porte baixo e colmo seco; AGX202-forrageiro, porte alto e colmo seco; AGX213-forrageiro, porte alto e colmo seco e AGX215-forrageiro, porte alto e colmo seco), após 60 dias de fermentação e que foram colhidos no estágio farináceo. Ele obteve valores de produção de matéria digestível t/ha com variação de 6,81 a 8,81, os genótipos não apresentaram diferença estatística entre eles ($p < 0,05$). Valores inferiores, com variação de 1,95 a 6,78 t/ha, foram obtidos no trabalho de Rocha Jr. (2000b), eles avaliaram sete genótipos de sorgo de diferentes portes e suculência do colmo, o material foi colhido no estágio de grão leitoso-pastoso. Conforme afirma Cândido (2000), esse dado é de grande relevância, principalmente, nos dias de hoje, com a intensificação dos sistemas de produção, pois é grande a demanda por silagens que associem elevado rendimento forrageiro e valor nutritivo, maximizando a produção de nutrientes por unidade de área.

2.1.3. Importância da proporção folha/colmo/panícula

É desejável que a planta tenha altas produções de matéria seca, mas que também possua uma boa quantidade de nutrientes digestíveis. Uma das formas de se conseguir alta digestibilidade do material ensilado, é que este apresente elevada proporção de panícula na forragem, pois ela possui maior concentração de componentes digestíveis quando comparada com talos e folhas. Nussio (1991) recomenda que para se ter uma silagem de boa qualidade é necessário que a produção de grãos represente de 40 a 50% da matéria seca total da planta na época da ensilagem. Torrecillas (2001) obteve digestibilidade in “vitro” de 67,12% e

47,02% na MS para panícula e folhas mais talos ($p < 0,05$), respectivamente. Carvalho et al. (1992) encontraram porcentagens de proteína bruta da panícula em relação à planta inteira nos estádio leitoso, farináceo e duro de 38,66%; 62,23% e 66,38%, respectivamente.

Neumann et al. (2002) avaliaram quatro híbridos de sorgo, sendo dois deles forrageiro (AGX- 213 e AG- 2002) e os outros de duplo propósito (AGX- 217 e AG- 2005E). Os primeiros foram coletados no estágio de grão farináceo a duro, e os dois últimos no estágio pastoso farináceo. Os sorgos de duplo propósito apresentaram variação de proporção panícula, folha e colmo na MS de: 31,3% a 58,4%; 21,5% a 32,4% e 20,1% a 36,3%, respectivamente. Por sua vez, os forrageiros tiveram maior proporção de colmo (45,1% a 56,8%) e menores de panícula (24,3% a 24,6%).

É importante saber o nível de exigência do rebanho, pois a partir daí, pode ser determinado qual o tipo de sorgo deverá ser plantado. Isso se deve às diferentes proporções (panícula/colmo/folha) encontradas em seus híbridos, assim como, a variabilidade na distribuição dos nutrientes nesses componentes. Neumann et al. (2002) encontraram coeficientes de digestibilidade “in vitro” da MS de 68,20% e 56,03% para as porções panícula e colmo mais folha, respectivamente. Além disso, eles concluíram que a componente panícula é o principal responsável pelos incrementos dos teores de MS, PB e DIMVS na silagem, bem como pelos decréscimos de FDN, FDA e lignina mais cinzas.

No entanto, Rocha Jr. et al. (2000b) relatam que a digestibilidade das silagens esteve mais ligada à presença de uma maior quantidade de folhas nos híbridos de sorgo na época da ensilagem, e com menor teor de lignina.

Já, Cummins (1981) ao trabalhar com híbridos de sorgo, encontrou estabilidade da DIVMS do colmo em função da maturidade e correlação negativa para DIVMS e FDA presente no colmo, enquanto que a correlação para folhas não foi significativa. Devido a esses resultados, ele concluiu que a outra maneira de elevar a digestibilidade das silagens com híbridos de sorgo seria através do desenvolvimento de materiais com menor conteúdo de FDA no colmo. Isso é de especial importância para os híbridos de sorgos de porte médio e alto, pois as porcentagens de colmo nesses híbridos podem alcançar 50% na MS.

2.2. Importância do teor de Matéria Seca para o processo de ensilagem

A quantidade de água presente na forragem no momento da ensilagem é de grande importância para a adequada conservação da silagem. Caso esta não esteja dentro dos padrões recomendados, ocorrem perdas no material ensilado. Isso pode ocorrer pela multiplicação de bactérias indesejáveis ou pela produção de efluentes (Wilkinson, 1983, McDonald et al., 1991; Van Soest, 1994; Fransen et al., 1998).

Para McDonald et al. (1991), a forragem tem que ser ensilada com um mínimo de 20% de MS e com uma boa quantidade de carboidratos solúveis. Isso poderá garantir uma queda rápida do pH, o que evitaria a multiplicação de bactérias indesejáveis no material ensilado. Isso pode ser visto no trabalho de Carpinteiro et al. (1979) com silagem de azevém, que possuía 19,9% de MS e cerca de 21,3% de CHOS. Nesse experimento eles obtiveram bons valores de pH (4,34 e 3,87) quando as silagens foram abertas com 4 e 50 dias, respectivamente.

Já para Van Soest (1994) o valor mínimo de MS seria de 30%, pois assim, é garantido maior consumo animal. De acordo com Xiccato et al. (1994) as perdas seriam

mínimas se o teor de MS estivesse por volta de 35%, o que diminuiria os prejuízos relacionados com a fermentação e produção de efluentes.

Ao se ensilar a forrageira com baixo teor de MS são geradas perdas em decorrência da produção de efluentes. Elas podem variar de 60 a 20 litros por tonelada de silagem, quando esta possui de 20 a 25% de MS, respectivamente. Isso resulta em perdas de MS da ordem de 1,6 e 0,4%, respectivamente (Pedroso, 1998). Borges (1995) estudou o padrão de fermentação de quatro híbridos de sorgo de porte alto, que variavam no teor de umidade do colmo. Nesse trabalho o teor de matéria seca das forragens ensiladas variou de 21,86 a 24,95% e as perdas de MS variaram de 8% a 12%. Segundo o autor, isso pode ter ocorrido em consequência da produção de efluentes ou da perda de componentes voláteis, que teve como motivo principal o baixo teor de MS presente no material original.

Além do teor de matéria seca da silagem, a produção de efluentes é influenciada pelas condições climáticas, altura do silo e tipo de estrutura, espécie e variedade da forragem utilizada (Pizarro e Andrade, 1978; Ranbly, 1997; Fransen et al., 1998). Deve-se evitar a produção de efluentes, pois com ela ocorrem perdas de nutrientes solúveis de alta digestibilidade. Além disso, ela possui alto poder poluidor, cerca de 25 vezes mais que o esterco de vaca e de 40 a 300 vezes mais que o esgoto doméstico (Reynolds e Williams, 1995). Trabalhando com gramíneas temperadas e tropicais, quando se elevou o teor de matéria seca para um valor de 30%, muito pouco ou quase nada de efluente foi produzido (Haigh, 1994; Pedroso 1998; Zago, 1999).

Maia (2001) trabalhou com seis cultivares de milho em que as perdas de MS variaram de 0,15 a 0,74%, sendo estas consideradas baixas. Segundo o autor, isso seria o

resultado das perdas de compostos voláteis, ou mesmo, de alguma produção de efluentes. Outro provável motivo desses resultados poderia ser o tipo de silo (PVC) utilizado, o que prejudicaria a perda de MS pela formação de efluentes. Nesse trabalho o material original foi ensilado com teor de matéria seca que variou de 34,38% a 42,62%, o que explicaria as baixas perdas de MS.

Segundo Carvalho et al. (1992) um dos grandes responsáveis pela elevação do teor de MS da planta de sorgo seria o aumento da proporção de panícula que ocorre com a maturação, que tende a minimizar a interferência da MS do colmo na MS da planta inteira. Isso ocorreu no trabalho de Silva (1997) que avaliou de três híbridos de sorgo (H1= granífero; H2= duplo propósito; H3= forrageiro) em 7 diferentes proporções de colmo + folha/ panícula (00:100; 20:80; 40:60; 60:40; 80:20; 100:00 e planta inteira). No material original com proporção de colmo + folha/ panícula de 00:100 e 100:00 a variação no teor de MS foi de 44,78 a 48,67 e 19,37 a 29,41%, respectivamente. Nesse trabalho houve tendência de aumento linear da MS da forragem com o aumento da participação da panícula nos tratamentos.

Além das perdas citadas anteriormente, outro tipo de prejuízo que pode ocorrer quando o teor de umidade da silagem for alto é por ação dos microrganismos indesejáveis, sendo os principais os Clostrídias. Para que a multiplicação dessas bactérias seja inibida, a forragem ensilada precisa de grandes quantidades de carboidratos solúveis, sendo que estes funcionam como substrato para que bactérias ácido-láticas produzam ácidos e reduzam o pH rapidamente para um valor inferior a 4,2. Se isso não ocorrer, as silagens podem apresentar fermentação proteolítica e uma alta produção de aminas e ácido butírico (Muck, 1988; McDonald et al., 1991; Silva, 1997).

Na prática é difícil ensilar a forrageira com o teor de matéria seca adequado, isso pode ocorrer como resultado de áreas muito extensas para serem colhidas ou então por não ter um maquinário adequado. De acordo com Rodrigues* (2005, comunicação pessoal) o sorgo apresenta intervalo de colheita de aproximadamente uma semana e algumas práticas podem ser adotadas para que a forragem seja ensilada no momento certo, como: dividir a área cultivada para que sejam colhidos em diferentes épocas, uso de máquinas mais eficientes, plantar híbridos com diferentes datas de florescimento, ou mesmo, colher o sorgo mais cedo. Nesse caso, reduziriam as perdas que podem ocorrer com a presença de grãos nas fezes e favoreceria o desenvolvimento da rebrota do sorgo.

Perdas também podem ocorrer quando o material ensilado possui teor de MS de 55 a 60%, já que este ficará mais susceptível ao ataque de microrganismos aeróbios (leveduras e fungos) e à combustão espontânea. Neste caso, o processo de compactação não será feito de forma adequada, e com isso, o oxigênio ficará entre as partículas da forragem, o que favorecerá a multiplicação dos microrganismos indesejáveis (Muck, 1988; Van Soest, 1994; Silva, 1997; Johnson et al., 2002).

As desvantagens de se ensilar a forragem fora do intervalo de 30 a 35% de MS são muitas, como produção de efluentes e a ocorrência de fermentações secundárias. É um ponto de fácil controle e que pode amenizar os prejuízos causados pelas perdas de energia e MS da silagem.

2.3. Mudanças que ocorrem com o valor de pH no processo de ensilagem

Na ensilagem o pH deve ser reduzido a menos de 4,2. Não apenas o valor final do pH é importante, mas também a velocidade com que ocorre a queda do pH (McDonald et

*RODRIGUES, J. A. S. Estratégias para colher o sorgo com teor adequado de MS para silagem, 2005. EMBRAPA/CNPMS.

al., 1991; Weinberg e Muck, 1996). Isso acontece em decorrência da formação de ácidos, que são resultantes da fermentação dos carboidratos solúveis (CHOS) da forragem. As moléculas dos ácidos não dissociadas, em meio anaeróbico, preservam a silagem.

Após a colheita, o pH do material ensilado está em torno de 6,0, o que favorece a ação de enzimas das plantas na degradação da proteína verdadeira. A redução do pH é importante para inibir a ação das proteases, embora sua atividade não seja completamente inibida. Muck (1988) cita que essas enzimas em uma silagem com pH de 4,0 possuem atividade que varia de 15 a 35% da atividade de uma silagem com pH de 6,0.

A produção dos ácidos está relacionada com a quantidade de tamponantes da forragem e dos produtos da fermentação, que são neutralizados pelo íon H^+ e levam à queda do pH. Quando o baixo pH é alcançado, muitas das bactérias morrem e apenas as ácido-tolerantes permanecem no meio. Contudo, a produção de ácidos não cessa, apenas diminui, isso em função da formação de componentes básicos que são continuamente produzidos e neutralizados pelo íon H^+ . Assim, a fermentação ácido-láctica mantém o pH constante (Muck et al., 1992).

Além do ácido láctico, outros são produzidos. No entanto, o primeiro apresenta maior concentração. Como consequência disso, a quantidade de ácido láctico está diretamente ligada com o baixo valor de pH. O ácido láctico é considerado um ácido forte, pois ele apresenta um coeficiente de dissociação baixo, ou seja, quando a silagem possui baixo pH o ácido está na forma ionizada, e a concentração desse é que garante o efeito inibitório sobre os microrganismos indesejáveis. Já os outros ácidos orgânicos, principalmente o acético, são ácidos fracos, que no pH de uma silagem

de boa qualidade (3,8 - 4,0), apenas cerca de 10% estão ionizados. Como consequência, eles são de pouca relevância para a preservação do material ensilado (Muck et al., 1992; Moiso e Heikonen, 1994).

Ao estudar o perfil de fermentação de 4 cultivares de sorgo, Bernardino (1996) observou queda rápida do pH, o que garantiu um bom padrão de fermentação. Nesse trabalho as silagens dos híbridos possuíam no dia 1 de abertura pH médio de 4,44 (27,44 % de MS) e no dia 56 um valor de 3,72 (28,80% de MS). Nesse trabalho, a partir do dia 7, o pH médio era de 3,73, ou seja, as silagens apresentaram estabilidade a partir do sétimo dia de ensilagem.

No entanto, quando a forragem apresenta teor de MS superior a 35%, o valor de pH não tem tanta importância, pois microrganismos presentes na forragem são inibidos pela alta pressão osmótica e ausência de água. Conseqüentemente, as silagens podem se apresentar bem preservadas apesar do pH não estar baixo (Muck, 1988; Van Soest, 1994; Silva, 1997).

Outra característica que a gramínea precisa ter para que possua boa estabilidade quando ensilada é apresentar baixa capacidade tamponante, pois se essa for alta na forragem a produção de ácidos orgânicos tem que ser maior para inativar os tampões presentes na silagem (Muck, 1988; McDonald et al., 1991; McCormick et al., 1995).

A capacidade tamponante é determinada pelas bases inorgânicas (potássio e cálcio), quantidade de proteína, aminoácidos livres e da produção de amônia da forrageira. Essa característica pode apresentar valores altos em forragens novas, e que sofreram adubações pesadas com potássio e nitrogênio (Van Soest, 1994).

2.4. Mudanças que ocorrem com os carboidratos no processo de ensilagem

Nas plantas os carboidratos são divididos em duas categorias: carboidratos estruturais e os não estruturais. Esses últimos podem ser classificados como solúveis em água (inclui monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e algum polissacarídeo) e polissacarídeos maiores que são insolúveis em água (amido e frutanas). Carboidratos não estruturais solúveis em água, como açúcares (glicose e frutose) e dissacarídeos (sacarose) são rapidamente fermentados.

A natureza e concentração dos carboidratos estruturais da parede celular são os principais determinantes da qualidade dos alimentos volumosos, especialmente de forragens. A parede celular pode constituir de 30% a 80% da MS da planta forrageira, onde se concentram os carboidratos como a celulose, a hemicelulose e a pectina (Teixeira e Andrade, 2001).

2.4.1. Carboidratos solúveis

Os conteúdos de carboidratos solúveis (CHOS) nas forragens são variáveis e podem exceder até 10% da MS, mas em forragens conservadas, como fenos, pré-secados e silagens as concentrações são baixas devidas às perdas na fermentação e respiração (Teixeira e Andrade, 2001). Os CHOS funcionam como substrato para bactérias ácido-láticas para a produção de ácidos orgânicos. Como citam Cai et al. (1999) a preservação da forragem na forma de silagem depende da produção de uma quantidade suficiente de ácido para inibir a atividade de microrganismos indesejáveis em condições anaeróbicas. As ácido-láticas convertem os açúcares em ácidos orgânicos no processo de ensilagem, o que resulta no abaixamento do pH e, conseqüentemente, a silagem é preservada.

De acordo com Tjandraatmadja et al. (1993) a quantidade mínima de carboidratos solúveis que garanta uma boa produção de ácidos orgânicos gira em torno de 9,0% na MS. Esse valor está acima do que foi recomendado por Woolford (1984) citado por McCormick (1995), de 6% a 8% da MS (Langston et al., 1962).

Singh e Pandita (1978) ensilaram *Sorghum vulgare* com cerca de 34,3% de MS e 9,6% de CHOS na MS. Os silos foram abertos com 30, 60 e 90 dias. O valor de pH médio foi de 3,9 e apresentou correlação negativa ($r=-0,71$, $p<0,001$) com a produção de ácido láctico (4,09; 4,08% e 5,8% na MS, respectivamente para os dias de abertura 30; 60 e 90). Os teores de ácido acético foram de 1,7%; 1,98% e 1,77% na MS, respectivamente para os períodos de 30; 60 e 90 dias de fermentação, e não foi encontrado ácido butírico. Esses mesmos autores, ao ensilarem *Sorghum vulgare* com 40,7% de MS, obtiveram silagens com pH médio de 4,33 e produção de ácidos láctico, acético e butírico de: 3,5%; 1,28% e 0,1% na MS, respectivamente. Essa diferença deve ter ocorrido devido ao maior teor de MS dessa última silagem, pois ela afeta de forma negativa a multiplicação de bactérias ácido-láticas (Singh e Pandita, 1983).

Mesmo que a forragem a ser ensilada apresente bons teores de CHOS, isso nem sempre é garantia que ela será bem conservada. De todos os fatores que afetam a qualidade da forragem pós-colheita, a respiração celular é a mais prejudicial. Pois envolve a dissipação de açúcares e a proteólise, o que atrapalha a sua conservação na forma de silagem. Encher e vedar o silo rapidamente, ensilar a forragem com teor de MS adequado (30% a 35%) e picar as partículas em tamanho adequado são fatores que amenizam os prejuízos causados pela respiração celular. A importância de se estar atento a essas características é que somada as perdas por respiração podem ocorrer perdas no campo, formação de efluentes e

pela fermentação. Isso resulta em prejuízos que variam de 0,8% a 71% da MS, podendo ocorrer até em silagens bem preservadas. (Henderson et al., 1975; Paiva, 1976; Ojeda, 1988; Muck, 1988; Mcdonald et al., 1991; Van Soest, 1994).

A concentração dos carboidratos solúveis varia entre os componentes da planta. Dados de Torrecillas (2001) mostram a porcentagem de carboidratos solúveis da panícula e da mistura talo mais folhas, que foram respectivamente, 26,7% e 18,2% na MS. Assim como ocorre variação de CHOS entre partes das plantas, também existem diferenças de acordo com as variedades, entre cultivares, estágio de maturação, tempo de luz, intensidade de luz, temperatura, aplicação de fertilizantes e precipitação pluviométrica (Mcdonald et al., 1991).

Davies et al. (1998) estudaram o efeito da quantidade de carboidrato solúvel de gramíneas temperadas [alta (25%) e baixa concentração de CHOS na MS (6,6 %)] sobre os parâmetros de fermentação das silagens. Além desses dois tratamentos, havia mais quatro, que estavam avaliando o efeito da adição de um inoculante ou um ácido sobre as mudanças que ocorreriam nas silagens feitas com alta e baixa concentração de CHOS. Eles concluíram que as silagens feitas com maior quantidade de carboidratos solúveis apresentaram melhores indicadores de qualidade (alto ácido láctico, baixo valor de pH e de amônia) em todos os tratamentos (alto CHOS, alto CHOS mais ácido e alto CHOS mais inoculante).

Brito (1999) estudou o padrão de fermentação de quatro híbridos de sorgo de porte alto (colmo succulento e com açúcar) e três de pequeno porte (colmo seco). Foram avaliados os teores de CHOS no material original e nas silagens, com quatro diferentes períodos de armazenamento (7; 14; 28 e 56 dias). A variação de carboidratos solúveis encontrados no material original e

na silagem aos 56 dias foi de 14,57% e 1,40%; 3,26% e 0,73%, respectivamente, para os materiais de porte alto e baixo. Observou-se correlação significativa entre os carboidratos solúveis (CHOS) e altura da planta ($p < 0,0001$: $r = 0,92$) e entre CHOS e proporção de colmo ($p < 0,0001$: $r = 0,89$). Com sete dias de armazenamento as silagens tinham estabilidade da concentração de CHOS, ou seja, as quantidades de carboidratos solúveis foram semelhantes aos dias 14, 28 e 56 dias de armazenamento. No experimento de Rocha Jr. et al. (2000a) os híbridos de colmo succulento ainda tiveram queda significativa do teor de CHOS com 14 e 28 dias.

Borges et al. (1999) avaliaram quatro híbridos de sorgo de porte baixo (diferiam em succulência ou não de colmo e na presença ou ausência de tanino) em seis períodos (material original e as silagens nos dias 1; 7; 14; 28 e 56 de abertura). As silagens, com um dia de abertura, já apresentavam queda expressiva ($p < 0,05$) no teor de CHOS, e do período 7 até o 56 se mostraram estáveis.

Borges (1995) avaliou quatro híbridos de sorgo que variavam em succulência do colmo (H2 e H3 de colmo seco, e H1 e H4 de colmo succulento). Destes foram mensurados a concentração de CHOS do material original (P1) e das silagens com diferentes períodos de fermentação (P2; P3; P4; P5 e P6, respectivamente para 1; 7; 14; 28 e 56 dias). As variações encontradas para P1 e P6 foram de 14,08% a 19,85% e 0,42% a 0,61% na MS, respectivamente. O H2, de colmo seco, teve o seu consumo de carboidratos estabilizado a partir do P3. Nos demais, houve queda significativa entre o P3 e P6. Outro ponto importante a ser ressaltado, é que apesar das diferenças estatísticas observadas entre P3 e P6, todos os híbridos já apresentavam, com sete dias de ensilagem (P3), valores muito baixos, menores que 1% de CHOS.

Mesmo que a forragem não possua o teor mínimo de CHOS recomendado, outros componentes (hemicelulose, celulose e pectina) da planta podem funcionar como substrato para as bactérias ácido-láticas (McDonald et al., 1991). No experimento de Silva et al. (1997) apesar de a maioria dos materiais originais não terem essa quantidade mínima de CHOS necessária para um adequado padrão de fermentação, os silos apresentaram bons valores de pH e N-amoniacoal, o que sugere a utilização de outras fontes como substrato fermentado.

No entanto, como a produção dos ácidos orgânicos não cessa, apenas diminuí, é necessária uma quantidade mínima de CHOS presente no material ensilado para garantir uma contínua produção dos ácidos orgânicos. Para Moio et al. (1994) essa seria de aproximadamente de 1,0% de CHOS na MS.

2.4.2. Amido

O amido é o principal carboidrato de armazenamento na maioria dos grãos de cereais. Ele é composto de duas moléculas principais: amilose e amilopectina. A maioria das forragens contém pequena quantidade de amido, com exceção da silagem de grãos: silagem de milho (10% a 20% na MS), silagem de sorgo (25% a 35% na MS) e silagem de milho (25% a 35% na MS) (Hart, 1990; Teixeira e Andrade, 2001).

O amido é uma importante fonte de energia para o animal, pois a degradação ruminal é da ordem de 40% a 90%, ocorrendo grande variação em decorrência do seu processamento (Teixeira e Andrade, 2001). No processo de ensilagem ele se mantém praticamente estável, pois é indisponível para a maioria das bactérias (Pettersen e Lindgren, 1990; McDonald et al., 1991).

Teores de 33,4% de amido na MS foram observados no trabalho de Esmail et al. (1991). Valores semelhantes foram

encontrados por Borges et al. (1999). Nesse experimento, contrariando a afirmativa de McDonald et al. (1991) sobre a estabilidade do amido no processo de ensilagem, os autores encontraram diminuição na porcentagem de amido quando comparado o material original com o dia 56 de fermentação, sendo os valores: 31,49% e 24,78% na MS, respectivamente.

O amido pode ser desdobrado por outras bactérias, que não as ácido-láticas. Além disso, as enzimas das plantas também podem degradá-lo a monossacarídeos. Com isso, eles podem servir como fonte extra para as bactérias ácido-láticas (Muck, 1988; Van Soest, 1994).

2.4.3. Componentes da parede celular

A parede celular fornece a fibra que o ruminante necessita para o bom funcionamento ruminal. Ela é composta de carboidratos estruturais e lignina e sua concentração na forragem pode variar de 40% a 80% da matéria orgânica. Outra característica de seus componentes é que ela limita a ingestão de alimentos e a digestibilidade dos nutrientes da forragem (Buxton, 1996).

A pectina e a hemicelulose não são degradadas por microrganismos produtores de ácido láctico, mas poderão ser por bactérias não produtoras desse ácido (Van Soest, 1994). As enzimas das plantas podem desdobrar hemicelulose em pentoses, que servem de fonte extra para as bactérias ácido-láticas (Muck, 1988).

No entanto, Jones et al. (1992) acreditam que a variação dos carboidratos presentes na parede celular ocorra em função da acidez do meio, que solubilizaria alguns de seus constituintes. Esses autores estudaram o efeito da ensilagem sobre os constituintes da planta, e em um dos tratamentos havia a adição de um inoculante. Eles encontraram

redução que variou de 4% a 24% de açúcares (arabinose, galactose, ramnose, ácidos urônicos) da parede celular. De acordo com eles, essa ampla faixa ocorreu em decorrência do teor de MS, tipo de açúcar e queda do pH. A redução dos açúcares deve ter ocorrido por solubilização desses em meio mais ácido e não por ação de enzimas das plantas, pois de acordo com os autores ao adicionar o inoculante o pH mais ácido resultou em diminuição dos componentes da parede celular. Já sem inoculante o pH ficou menos ácido e os açúcares que compõem a parede celular não sofreram redução.

Rocha Jr. et al. (2000b) trabalharam com perfil de fermentação de silagens de sorgo. Neste experimento, eles avaliaram o valor nutricional do material original (P0) e das silagens (com 7; 14; 28 e 56 dias de fermentação que foram nomeadas como: P7; P14; P28 e P56, respectivamente). O teor de FDN variou no material original (P0- 62,4% a 68,1%) e no dia 56 (P56- 52,7% a 61,7%). Comportamento semelhante foi observado para o teor de hemicelulose, que variou no P0 (27,6% a 31,5%) e no P56 (21,9% a 25,7%). Segundo os autores, isso deve ter acontecido por ação das bactérias ácido-láticas, que utilizaram a hemicelulose como fonte extra de substrato. O contrário ocorreu com os valores de FDA (fibra detergente ácido) (33,1% a 37,8% e 30,1% a 36,4%, para P0 e P56, respectivamente) e de celulose (P0- 27,7% a 31,9% e P56- 26,3% a 31,7%) que não apresentaram alteração no decorrer do período de ensilagem.

Comportamento semelhante foi apresentado pelos híbridos de sorgo no trabalho de Borges (1995) em todos os componentes da parede celular (FDN e Hemicelulose variaram, enquanto que os teores de FDA e Celulose não variaram ao longo da fermentação). Os teores de FDN (50,78% a 48,11% para P0 e P56, respectivamente), FDA (26,50%), celulose (22,78%) e hemicelulose (22,96% a 20,67% para P0 e

P56, respectivamente) na MS, no entanto, esses valores foram inferiores ao experimento anteriormente citado.

Já no experimento de Silva (1997) ocorreram reduções nos teores de FDN, FDA, celulose e hemicelulose, que foram da ordem de: 24,7%; 25,4%; 30,87% e 23,8%, respectivamente. De acordo com McDonald et al. (1991), a quebra de celulose pode ocorrer pela solubilização em meio ácido, só que ela é mínima se comparada com a degradação da hemicelulose. Para Van Soest (1994) redução excessiva no teor de celulose ocorre quando há multiplicação de fungos na silagem.

No trabalho de Maia (2001) com cultivares de milho a fração FDN apresentou queda significativa no processo de ensilagem (58,62% e 50,92% na MS para material original e 56 dias de fermentação, respectivamente). O mesmo ocorreu para hemicelulose, que apresentou variação negativa de cerca 28,7%. Com respeito aos teores de FDA e celulose, esses se apresentaram estáveis no decorrer do processo de ensilagem com médias gerais de: 29,30% e 21,42% na MS, respectivamente.

Para a silagem apresentar um bom padrão de fermentação é necessário que a forragem a ser ensilada possua uma adequada concentração de CHOS, que possam ser utilizados pelas bactérias ácido-láticas (Moio et al., 1994). Soma-se a isso baixa capacidade tamponante e um adequado teor de MS.

2.5. Alterações que podem ocorrer com os compostos nitrogenados no processo de ensilagem

O principal objetivo ao se confeccionar uma silagem é preservar a qualidade nutricional da forragem para posterior utilização (Muck, 1988; McDonald et al., 1991).

Cerca de 75% a 90% do nitrogênio total da forragem fresca encontra-se na forma de proteína verdadeira, e 4% a 15% indisponível na forma de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Algo em torno de 10% a 25% do nitrogênio total está na forma de nitrogênio não protéico. Neste último grupo encontram-se os aminoácidos livres e as amidas (glutamina e asparagina), peptídeos, aminas, ureídeos, nucleotídeos, nitratos e clorofila (Oshima e McDonald, 1978; McDonald et al., 1991; Van Soest, 1994).

A quebra dos compostos nitrogenados da silagem pode ocorrer como resultado da solubilização ácida e por ação das enzimas das plantas e das bactérias. De acordo com McDonald et al. (1991) as perdas geradas pela solubilização ácida sobre proteínas em silagens com pH normal são mínimas.

No entanto, transformações consideráveis da fração nitrogenada ocorrem por ação das proteases das plantas. Sua atividade é influenciada pelo pH, tempo de queda do pH, conteúdo de MS da forragem, espécie da planta e temperatura (McKersie, 1985; Muck, 1988; McDonald et al., 1991; Jones et al., 1995).

O pH ideal para ação das proteases da planta se encontra entre 5,0 e 6,0 (Oshima e McDonald, 1978; McKersie, 1985). Para se prevenir à quebra da proteína por ação dessas enzimas é importante que ocorra uma rápida queda do pH para o valor de 4,0 (Carpinteiro, 1979; Muck, 1988). Essas enzimas convertem o nitrogênio protéico para formas de nitrogênio não protéico, como aminoácidos e peptídeos (Oshima e McDonald, 1978).

Quanto mais elevado o teor de MS menor será a proteólise. A temperatura, na faixa de 40 a 45°C, é benéfica às enzimas da forragem, e o grau de aquecimento é normalmente controlado pela respiração, daí

se conclui a importância de se fechar o silo rapidamente e compactá-lo bem. Além dos prejuízos causados pela intensa proteólise, a elevação da temperatura aumenta a ocorrência de reações de Maillard, que é a complexação do aminoácido com carboidrato, o que torna o aminoácido indisponível para o animal (Muck, 1988; McDonald et al., 1991; Van Soest, 1994).

Com intuito de avaliar a queda rápida do pH sob ação das proteases, Nsereko et al. (1998) adicionaram ácido fórmico em silagens de azevém (*Lolium perene*), que tinham cerca de 17,0% de MS e foram abertas depois de 100 dias. Ambas apresentaram bons padrões de fermentação (pH= 3,7 e ácido butírico= 0,5% MS). Os autores concluíram que a adição de ácido fórmico inibiu a ação de proteases das plantas, pois a percentagem de nitrogênio não protéico (NPN) diminuiu de 68,8% para 48,6%. O mesmo ocorreu com o teor de amônia de 8,6% para 3,5%.

Fairbairn et al. (1992) obtiveram, depois de sete dias da ensilagem da alfafa (*Medicago sativa*), aumento de 81% de NPN, e 104% de aminoácidos livres, mas no silo tratado com formaldeído o aumento foi de apenas 39% e 31%, respectivamente.

McKersie (1985) realizou um experimento onde se incubava macerado de folha de três espécies de forrageiras em um meio que possuía antibiótico. Com isso concluiu-se que o grau de proteólise por parte das enzimas das plantas era diretamente dependente do pH do meio. Nesse experimento, a 72 horas de incubação, quando o pH do meio era 6,0, a proteólise ocorria a uma taxa de 0,69 mg de aminoácido liberado/grama/hora. Quando o pH do meio estava em 4,0, a hidrólise de proteínas era inicialmente alta nas primeiras 24 horas de incubação, e caía para 0,12 mg de aminoácido/liberado/hora, às 72 horas de incubação.

Segundo Oshima e McDonald (1978), a atividade das enzimas das plantas cai rapidamente depois da ensilagem para níveis próximos de zero com 2 a 5 dias de ensilagem, quando ocorre vigorosa fermentação microbiana, resultando em mudanças nos aminoácidos e outros componentes nitrogenados.

Carpinteiro et al. (1979) ensilaram azevém com 12,06% de PB na MS e obtiveram silagens com 11,68% e 11,37% de PB, com 8,6% e 9,5% de N-NH₃/NT com 4 e 50 dias de ensilagem, respectivamente. Singh e Pandita (1978) obtiveram valores de N-NH₃/NT da forragem de *Sorghum vulgare* de 1,4%; 2,4% e 4,46% na MS, respectivamente para silagens abertas com 30, 60 e 90 dias. Isso indica que houve pouca quebra de aminoácidos.

Mesmo em silagens bem preservadas, com predomínio de bactérias ácido-láticas, pode ocorrer deaminação e descarboxilação, em pequena quantidade, de certos aminoácidos, pela ação dessas bactérias. A quebra de aminoácidos é considerável, quando há fermentação por ação de clostrídia. Além das reações citadas anteriormente, ocorre oxi-redução das proteínas e aminoácidos, que resulta em queda do valor nutricional da forragem ensilada quando comparada com os materiais que lhe deram origem (McDonald et al., 1991).

Uma forma de se avaliar a extensão de quebra de aminoácidos nas silagens é através da avaliação da quantidade de nitrogênio amoniacal presente na silagem, sendo que em silagens bem preservadas esse valor é inferior a 10% do nitrogênio total. Quando esse valor está acima de 20%, isso indica que houve grande quebra de aminoácidos (Oshima e McDonald, 1978). De acordo com AFRC (1987), para que uma silagem seja considerada de boa qualidade os níveis de N-NH₃/NT devem atingir no máximo de 8% a 11%.

Devido à ampla variedade genética do sorgo é grande a variação (4,3% a 10,3% na MS) no teor de PB de suas silagens (Singh e Pandita, 1978; Esmail et al., 1991; Borges, 1995; Pereira et al., 1993; Genro et al., 1995; Brito, 1999; Rocha Jr. et al., 2000b; Neumann et al., 2002; Nöenberg et al., 1999).

A silagem de sorgo é relativamente pobre em PB, comparada com a de outras plantas forrageiras, e em decorrência da fermentação que ocorre no silo, há aumento dos compostos nitrogenados de natureza altamente degradável no rúmen, o que gera perdas desse nutriente na urina. Para que os microrganismos do rúmen possam utilizá-lo para a síntese microbiana há a necessidade de fornecer uma fonte de energia de rápida degradabilidade ou um concentrado protéico (Ojeda, 1988; McDonald et al., 1991).

2.6. Fases do processo de ensilagem

O processo de ensilagem envolve na sua concepção a presença de alguns princípios como: a condição de anaerobiose, preservar os nutrientes da forragem verde através da fermentação e evitar que microrganismos indesejáveis se multipliquem no material ensilado.

Um bom padrão de fermentação não é dependente apenas do tipo e da qualidade da forrageira colhida, mas também de bons procedimentos no momento de colheita e ensilagem (Stefanie et al., 1999), além das propriedades das bactérias presentes na forragem fresca (Cai et al., 1999).

O processo de ensilagem se divide em quatro fases (Muck, 1988; McDonald et al., 1991; Weinberg e Muck, 1996; Stefanie et al., 1999; Merry e Davies, 1999):

1- fase aeróbica, que compreende as primeiras horas do material ensilado e ocorre enquanto tiver oxigênio em meio às

partículas de forragem picada, nessa etapa, além do oxigênio, é consumido o carboidrato solúvel e produzido dióxido de carbono, água e calor. O pH do meio varia de 6,0- 6,5. Essas condições são favoráveis para a respiração da planta, a atividade das proteases e a multiplicação de microrganismos aeróbios e aeróbios facultativos (fungos, leveduras e bactérias);

2- fase fermentativa, que se inicia após o término do oxigênio existente no material ensilado, ou seja, o meio fica anaeróbico, o processo pode durar semanas, isso depende em grande parte da qualidade do material ensilado e da técnica empregada durante a ensilagem, o pH diminui para 3,8- 5,0. Graças ao desenvolvimento de bactérias ácido-láticas;

3- fase estável, na qual muitos microrganismos da fase anterior diminuem em números, alguns ácido-tolerantes sobrevivem nesse período quase em estado inativos, outros como clostrídias e bacilos como esporos;

4- fase de exposição ao ar, que se inicia com a abertura da silagem ou com a exposição do material ensilado por má vedação. Nessa fase, os microrganismos aeróbios (leveduras, fungos, bacilos e bactérias ácido acéticas) começam a se multiplicar, o que pode gerar perdas do material ensilado.

Ensilar e vedar o silo rapidamente são algumas das medidas para se reduzirem os prejuízos que podem ocorrer na fase 1, além disso, quanto menor a concentração de O₂ menor serão as perdas fermentativas.

Como mencionado anteriormente, deve-se ensilar uma forrageira que apresente teor de MS adequado, um mínimo de CHOS e baixa capacidade tamponante. Esses pontos são importantes para garantir a estabilidade fermentativa da fase 2 e 3. Isso garantirá adequada produção de ácidos orgânicos e a

queda de pH no tempo certo, para que o mínimo de PB e CHOS sejam quebrados.

Todos esses pontos, juntamente com um adequado manejo na abertura da silagem garantirão estabilidade na fase 4. E serão importantes para que não ocorra redução da digestibilidade e do consumo da forragem.

2.7. Microflora da silagem

A microflora presente na silagem tem um papel chave para o processo de conservação do material ensilado. Ela pode ser dividida em dois grupos, normalmente chamados de desejáveis e indesejáveis. No primeiro encontramos as bactérias ácido-láticas e no segundo microrganismos espoliadores aeróbios (leveduras, bacilos, listeria e mofos) e anaeróbios (clostrídias e enterobactérias) (Stefanie et al., 1999).

É grande o número e a diversidade de microrganismos na forragem antes de ensilar. Cai et al. (1999) fizeram contagem de microrganismos em sorgo e alfafa, e encontraram de 10³ a 10⁴ ufc/g de fungos; 10⁴ a 10⁵ ufc/g de leveduras; 10³ a 10⁶ ufc/g de bactérias aeróbicas; 10³ ou menos ufc/g de lactobacillus, pediococcus, e clostrídios; e 10³ a 10⁵ ufc/g de enterococcus, leuconostocs, e weissellas.

As bactérias ácido-láticas que são regularmente associadas com a silagem são dos gêneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* e *Streptococcus*. Elas estão presentes nas forragens em pequenas quantidades, e quando encontram ambiente propício, como a anaerobiose e a liberação de conteúdo celular se multiplicam rapidamente (McDonald et al., 1991). Para que ocorra rápida queda do pH, Muck (1988) sugere que seriam necessários cerca de 10⁸ ufc de bactérias ácido-láticas/ grama de forragem.

Com o início da fase anaeróbica ocorrem mudanças na população bacteriana da

silagem. Na forragem fresca o número de bactérias ácido-láticas era de 10^4 ufc/g de forragem e com 24 horas passam para cerca de 10^8 a 10^9 ufc/g de forragem. Com 60 dias a população permanece em torno de 10^6 a 10^7 ufc/g silagem e o contrário ocorre com o número de leveduras e fungos, que decrescem rapidamente de 10^8 para 10^4 ufc/g, e para 10^3 ufc/g com 60 dias de ensilagem (Kung et al., 1991).

O predomínio da população de microrganismos depende das características da forrageira, como: conteúdo de açúcar e a composição desse açúcar. Isso, combinado com as propriedades das bactérias ácido-láticas como: resistência à acidez, osmotolerância e a eficiência de utilização de substrato. Essas são características que podem, decisivamente, influenciar na competição da microflora de bactérias ácido-láticas da silagem (Kung et al., 1991).

As bactérias ácido-láticas podem fermentar uma grande variedade de substratos, usando uma variedade de caminhos bioquímicos. Basicamente são duas vias: a homofermentativa e a heterofermentativa. Sendo que, as bactérias são classificadas de acordo com a via que utilizam. No caso da primeira, ela tem como produto final o ácido láctico, que é resultado da fermentação de hexoses, e não fermentam pentoses (como xilose) (McDonald et al., 1991).

No entanto, a heterofermentativa pode ser subdividida em obrigatória e facultativa, isso, em função dos diferentes produtos resultantes da fermentação. A obrigatória degrada hexoses para equimolar quantidades de ácido láctico, ácido acético, etanol e CO_2 , enquanto que a facultativa fermenta o mesmo substrato em apenas ácido láctico. Além disso, essa última pode fermentar as pentoses em ácido láctico e acético. O predomínio de um desses grupos de bactérias depende do tipo de microrganismo presente na forragem verde, quantidade de substrato (CHOS) e de sua composição. Na

silagem o que se deseja é o predomínio das homofermentadoras, pois com a heterofermentadoras ocorrem perdas consideráveis de energia e matéria seca, isso em decorrência dos produtos formados resultantes da sua fermentação (McDonald et al., 1991).

Dos microrganismos indesejáveis o clostrídio é o principal responsável pela má qualidade das silagens. O seu desenvolvimento nas silagens é favorecido pela baixa concentração de CHOS, alta capacidade tamponante da forragem, baixo conteúdo de MS, baixa população de bactérias ácido-láticas e altos valores de temperatura e pH. Eles se subdividem em dois grupos: os sacarolíticos e os proteolíticos. O primeiro fermenta carboidratos e ácidos orgânicos, como resultado disso gera ácido butírico, dióxido de carbono e hidrogênio (Muck, 1988).

Já, os proteolíticos, primeiramente, fermentam aminoácidos, resultando em uma variedade de ácidos orgânicos, dióxido de carbono, amônia e aminas. Esses dois tipos de fermentação resultam em grandes perdas de MS e de energia. Além disso, a presença desses microrganismos está ligada a altas concentrações de aminas, que são tóxicas ao animal. Silagens com predomínio de fermentação clostridiana possuem pH elevado ($> 5,0$), grande produção de ácido butírico ($>0,59\%$ mg) e amônia ($>15,0\%$), que reduzem o consumo animal. E, o mais grave, que seria a morte de animais por Botulismo, devido à multiplicação de *Clostridium botulinum* na silagem, isso geralmente só ocorre quando se ensilam restos de animais junto à forragem (Leinbensperger e Pitt, 1987; Muck, 1988; Ojeda, 1988; McDonald et al., 1991; Rammer et al., 1994).

Outro grupo que traz perdas de MS e energia para o material ensilado são as enterobactérias, que são anaeróbios facultativos e representam a menor parte da

microflora das gramíneas. A sua presença é indesejável, pois elas competem com bactérias ácido-láticas por nutrientes, elevam o teor de amônia e ácido acético, e produzem endotoxinas. No entanto, sua presença tem sido ligada há um ponto positivo, que seria maior estabilidade aeróbica. A sua presença na silagem é favorecida pela demora na queda do pH. Isso costuma ocorrer em forrageiras que receberam altas aplicações de fertilizantes nitrogenados, pois pode ocorrer o consumo de CHOS, elevação do teor de PB e da capacidade tamponante (McDonald et al., 1991; Rammer et al., 1994; Ostling e Lindgren, 1995).

É grande o número de microrganismos indesejáveis no momento da ensilagem como pode ser demonstrado pelos resultados de Cai et al. (1999), e esses podem aumentar se as condições de ensilagem não forem adequadas, como silo mal compactado (levedura e mofos), chuva na ensilagem e terra nos pneus dos tratores no momento da compactação (Clostrídio). Perdas expressivas podem ocorrer após abertura dos silos, pois microrganismos que antes estavam em estado de latência voltam a se multiplicar quando expostos ao oxigênio.

As Leveduras são mais frequentemente citadas como responsáveis por iniciar a deterioração aeróbica ou o aquecimento da silagem (Woolford e Wilkie, 1984; Muck et al., 1992; Merry e Davies, 1999; Kung et al., 1991). Muitas espécies de leveduras são relativamente insensíveis para as variações de pH tipicamente encontradas nas silagens (3,7 a 6,5) e podem manter altas populações em condições anaeróbicas pela fermentação de açúcares para etanol e CO₂ (McDonald et al., 1991; Muck e Kiely, 1992).

As leveduras suportam o baixo pH da silagem somente se tiver CHOS, pois elas o usam como fonte de energia para detoxificá-las dos ácidos orgânicos presentes na silagem. Entretanto, em condições de

aerobiose ocorre queda nos teores de ácido láctico e acético, pois esses são degradados pela ação das leveduras em CO₂ e H₂O. O resultado é a elevação do pH e o desenvolvimento de outros microrganismos espoliadores (Woolford e Wilkie, 1984).

Muck e Kiely (1992) relatam a possibilidade do 2,3-butanediol (produto resultante da fermentação de bactérias ácido-láticas, enterobactérias e bacilos) garantir estabilidade aeróbica às silagens. Eles avaliaram a estabilidade das silagens de alfafa e milho, quando expostas ao oxigênio. As silagens foram analisadas para ácido láctico, ácidos graxos voláteis (C1 a C6), ácido succínico, etanol e 2,3- butanediol. Os autores concluíram que este último poderia ser o motivo de algumas silagens apresentarem maior estabilidade quando expostas ao oxigênio. Pois, os outros constituintes avaliados estavam presentes em concentrações semelhantes, tanto nas silagens estáveis como nas não estáveis. Enquanto que, as silagens estáveis tinham maiores concentrações do 2,3-butanediol.

Assim como as leveduras, as bactérias ácido-acéticas têm sido responsabilizadas em iniciar a deterioração aeróbica, essas oxidam ácido láctico e acético em CO₂ e H₂O (Stefanie et al., 1999). Além dessas, as bactérias (*Bacillus*) podem ser responsabilizadas pela deterioração aeróbica da silagem, elas usam uma variedade de substratos, mas rapidamente degradam carboidratos, ácidos orgânicos e proteínas. Assim como as Clostrídias elas são formadoras de esporos (Muck, 1988).

Os fungos multiplicam-se na silagem quando estas entram em contato com o ar, todavia, em ambiente anaeróbico e com baixo pH, o seu crescimento é inibido. Eles aparecem nos últimos estágios da deterioração aeróbica, o que ajuda na elevação da temperatura e do pH. Além das perdas do material ensilado, eles podem produzir micotoxinas, que acarretam problemas para

a saúde animal e humana (McDonald et al., 1991).

Outro tipo de microrganismo que pode levar a problemas de saúde no rebanho é a ocorrência de *listeria monocytogenes*, que se multiplica em presença de oxigênio e pH elevado (5,6), e é capaz de sobreviver em silagens com alto teor de MS, pois assim a fermentação é restrita e o pH se mantém alto (McDonald et al., 1991; Merry e Davies, 1999).

As perdas de MS que ocorrem na superfície da silagem em decorrência da exposição ao ambiente são amenizadas quando o silo é bem compactado. Conforme cita Gonçalves e Borges (1997), a densidade do material ensilado depende do tipo de silo utilizado (silo superfície, trincheira, cisterna e aéreo, com densidades de 450, 500, 600 e 650 KG/m³, respectivamente), sendo que, quanto maior a densidade mais difícil é a penetração de ar entre as partículas do alimento.

Conforme Pitt e Muck (1993) a faixa exposta aquecida diminui de 35 para 15 cm com o aumento da densidade de 480 para 960 KG/m³ e o total de perdas diminuem de 0,93 para 0,85 KG/m² de MS (superfície exposta por 24 horas). Além disso, outra maneira prática de amenizar as perdas geradas pela deterioração aeróbica da silagem seria projetar o tamanho do silo para que fosse retirada uma faixa mínima de 10 a 30 cm por dia (Muck, 1988; McDonald et al., 1991; Pitt e Muck, 1993; Zago, 1999).

2.8. Ácidos orgânicos resultantes do processo de ensilagem

A quantidade de carboidratos solúveis presentes nas plantas é importante, pois é através deles que as bactérias homofermentativas reduzem o pH do meio (Fairbairn et al., 1992).

A planta antes de ensilar contém ácidos orgânicos, só que esses não são os mesmos presentes na silagem. Os principais presentes na forragem fresca são o cítrico, málico, aconítico e em menor extensão o quinico, succínico e o oxálico. No entanto, a fermentação destes pode elevar a capacidade tamponante da forragem, pois muitos deles existem na forma de sais, e sua degradação resulta na liberação de um excesso de cátions, que devem ser neutralizados pela fermentação ácida. Além desses produtos, eles são fermentados para acetato, CO₂ e ocasionalmente, para butirato, que são ácidos fracos e de pouca importância para a queda do pH, quando comparados com o ácido láctico (McDonald et al., 1991; Van Soest, 1994).

As bactérias ácido-láticas podem assumir três caminhos para a fermentação dos açúcares presentes na forragem, e quando elas assumem a via heterofermentativa pode resultar em perdas de energia e matéria seca, pois além do ácido láctico, elas produzem etanol, ácido acético e CO₂ (McDonald et al., 1991).

No entanto, perdas consideráveis de energia e MS ocorrem quando os microrganismos indesejáveis encontram ambiente propício para multiplicação na silagem. Isso ocorre com Enterobactérias, que são as responsáveis pelos altos teores de ácido acético presente nas silagens, enquanto que, o ácido butírico é consequência da fermentação por Clostrídio (Givens et al., 1993). O ácido butírico é um ácido fraco, quando comparado com o ácido láctico, e a sua produção consome dois moles de ácido láctico o que eleva o pH da silagem. Soma-se a isso, o efeito negativo que esses dois ácidos (acético e butírico) possuem sobre o consumo animal (Ojeda, 1988).

Para Nogueira (1995), uma silagem com padrão de fermentação classificado como de muito boa qualidade deve possuir no máximo 2,0% e 0,1mg% na MS de ácido

acético e butírico, respectivamente. E com um teor superior a 5,0 mg% na MS de ácido láctico.

O ácido propiônico é de pouca importância para a queda do pH, no entanto, atualmente, tem recebido atenção especial pelas suas propriedades antimicóticas, isso em condições de anaerobiose, baixo pH e na forma não dissociada. Ele é o resultado da fermentação de clostrídias e de bactérias ácido propiônicas, sendo essa última, a principal responsável pela sua presença nas silagens (Merry e Davies, 1999).

Além de garantir melhor estabilidade ao material ensilado, a maior quantidade de ácido láctico na silagem está relacionado à fonte de energia para as bactérias ruminais. Enquanto que os outros produtos da fermentação ácida (acético, propiônico e butírico) representam uma fonte considerável de energia para o metabolismo aeróbico do animal, eles não oferecem nenhum substrato que possa ser fermentado pelos microrganismos ruminais, pois esses ácidos são produtos de excreção desses microrganismos (Van Soest, 1994).

2.9. Algumas considerações sobre a digestibilidade “in vitro” da matéria seca

A digestibilidade “in vitro” (DIVMS) é um importante parâmetro a ser avaliado na forrageira, pois é através dela que se determina, aproximadamente, qual é o aproveitamento dos nutrientes do material ensilado. De acordo com Silva (1997), a avaliação da qualidade do volumoso é tão importante quanto o processo fermentativo, e essa é uma análise que se destaca por sua facilidade, rapidez, economia e valor da informação gerada.

Quanto menor a extensão da fermentação do material ensilado, maior será o consumo desta, pois maior a quantidade dos CHOS utilizados e menor teor de nitrogênio amoniacal/nitrogênio-total. Isso gera melhor

aproveitamento do nitrogênio para síntese microbiana, o que resulta em maior consumo (Patterson et al., 1998). Borges (1995) trabalhando com silagem de sorgo, encontrou correlação positiva entre CHOS e DIMVS de 0,49 ($p < 0,05$). E Araújo (2002) entre PB e DIVMS de 0,54 ($p < 0,05$).

De acordo com Borges (1995), silagens de muito boa qualidade possuem valor de DIVMS acima de 65%. Na seqüência, existem as de qualidade boa, média e ruim, que são representadas pelos intervalos de DIVMS de 65% a 55%; 55% a 40% e inferiores a 40%, respectivamente.

Meeske et al. (1993) obtiveram valores de digestibilidade *in vitro* da MS de 61,4% e 67,6% para silagem do sorgo em dois estádios de maturação, florescimento tardio e de grão pastoso, respectivamente. Esmail et al. (1991) avaliando silagem de sorgo no estádio de grão pastoso, obtiveram digestibilidade aparente da MS de 65,5%. Esse valor é superior ao obtido por Genro et al. (1995) (52,62% a 53,60%) que trabalharam com silagens de sorgo com material ensilado com grão pastoso a mediamente duro. Neumann et al. (2002) (51,45% a 57,95%). E Maia (2001) que obteve média geral (entre híbridos de milho e diferentes períodos de fermentação - 1; 3; 5; 7; 14; 28 e 56 dias) de 57,77%. Esses trabalhos estão de acordo com McDonald et al. (1991), que afirmam que o processo de ensilagem tem pouco efeito sobre a digestibilidade *in vitro* da MS.

Borges (1995) trabalhou com quatro híbridos de sorgo, destes dois eram de colmo seco (H2 e H3) e dois de colmo succulento (H1 e H4). Foi avaliada a DIVMS do material antes de ensilar (P1) e das silagens com diferentes períodos de fermentação (P2; P3; P4; P5 e P6, respectivamente para 1; 7; 14; 28 e 56 dias). Os materiais apresentaram, em média, DIVMS de 56,67% e 55,07% na MS, respectivamente para P1 e P6. Entretanto, ao considerar apenas os híbridos

de colmo seco, eles tiveram redução da DIVMS com o processo de ensilagem. Eles apresentaram média de DIVMS para P1 de 58,36% na MS e para P6 de 54,99%.

Quando as condições de ensilagem são adequadas, esse processo conserva as características presentes no material original. No experimento de Rocha Jr. et al. (2000b) com sorgo, a DIVMS se manteve estável, com variação de 51,5% a 61,8% e 50,2% a 58,5% na MS, respectivamente material original e com 56 dias de fermentação.

O que mais interfere com o adequado aproveitamento das silagens seriam os componentes da parede celular, em especial, a lignina. Essa é indigestível e pode, dependendo de sua concentração e composição estrutural, limitar a extensão da digestão (Jung, 1989; Van Soest, 1994). Rocha Jr. et al. (2000b) encontraram correlação negativa entre a digestibilidade e os componentes da parede celular [($p < 0,001$) FDN: $r = -0,48$; FDA: $r = -0,48$; Lignina: $r = -0,51$]. Danley et al. (1973) para silagens de milho e sorgo ($r = -0,88$ e $r = -$

0,51, sorgo e milho, respectivamente). Maia (2001) para silagem de milho FDN ($r = -0,20$) e FDA ($r = -0,40$).

3. Qualidade da silagem

A qualidade da forragem sofre influência de muitas variáveis, que conseqüentemente refletem no material que foi conservado na forma de silagem. Como cita Buxton (1996), um dos mais importantes fatores que influenciam na qualidade da forragem seria a sua maturidade. Ele cita o caso da alfafa que ao atrasar em uma semana a sua colheita, diminui a digestibilidade e a porcentagem de PB em cerca de 2% e aumenta a concentração de parede celular em aproximadamente 3%. Além disso, é influenciada pela fertilidade de solo, estação e variações geográficas, que alteram essa característica quando é colhida em um mesmo estágio de maturação e no mesmo local.

Na tabela 1 aparecem alguns critérios utilizados para avaliação das silagens.

Tabela 1. Parâmetros utilizados para qualificação das silagens

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

¹Paiva (1976); ²ARFC (1987); ³Borges (1995); ⁴Nogueira (1995).

A qualidade da silagem envolve um somatório de dados, que indicam o padrão de fermentação da silagem. Esses dados seriam o pH, N-amoniacoal/N-total e a produção de ácidos orgânicos (láctico, acético e butírico) pela silagem (Vilela, 1998). Além dos padrões de fermentação, é importante avaliar parâmetros que estejam

diretamente relacionados com a produção animal, como a avaliação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Silva, 1997; Pizarro, 1978; Zago, 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Seis cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) foram plantados em 11 de novembro de 2002 no município de Sete Lagoas, nas dependências da EMBRAPA Milho e Sorgo, localizada no 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. Os materiais foram plantados com espaçamento entre linhas de 0,7 metros, com adubação de 350 kg/ha da fórmula 8: 28: 16 + Zn no plantio e recebeu adubação de cobertura com 100 kg/ha de uréia. Cada canteiro era composto por quatro fileiras de cinco metros, isso para cada repetição. Foram utilizadas três repetições por genótipo, o que daria três canteiros por material, ou seis fileiras por híbrido. Pois, para a confecção dos silos foram utilizadas apenas as duas fileiras centrais. Como nesse trabalho foram estudados seis genótipos, o total de fileiras foi de 36. A colheita do material para a ensilagem foi realizada em 20 de fevereiro de 2003, os sorgos foram ensilados e logo em seguida levados ao Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, onde permaneceram à temperatura ambiente até a abertura.

4.1. Material utilizado

Para a realização do trabalho foram utilizados seis híbridos, sendo que dois destes foram testemunhas comerciais, o BRS610 e o VOLUMAX. Os outros quatro foram híbridos provenientes de cruzamentos desenvolvidos pela EMBRAPA Milho e Sorgo. Todos os híbridos desse experimento são de colmo seco e de porte alto.

4.2. Génotipos

Os seis híbridos utilizados foram designados como: 1; 2; 3; 4; 5 e 6, respectivamente para os cultivares BRS610; VOLUMAX, 0249343, 0249319, 0249337 e 0249331.

Eles foram avaliados em oito períodos, sendo que um destes representou a forragem antes de ensilar, que foi nomeada como P0. Os outros períodos foram as diferentes épocas de abertura das silagens, que foram com: 1; 3; 5; 7; 14; 28 e 56 dias após a ensilagem, sendo caracterizados como: P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7, respectivamente.

4.3. Dados agronômicos

Foram utilizados três canteiros por híbrido, ou seja, três repetições por material avaliado. Antes da colheita do material da parcela dentro do canteiro, foram feitas a contagem do número de plantas e a medição de sua altura. Esta última foi aferida com auxílio de uma régua e corresponde à altura da planta do solo até a ponta da panícula. Logo em seguida o material da parcela foi colhido a 20 cm do solo e pesado para a determinação da produção de matéria verde por hectare. Produção de matéria seca e matéria seca digestível por hectare foram realizadas após análise do teor de matéria seca e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Parte do material colhido foi separado em panícula, folha e colmo, para determinação de suas respectivas proporções em relação à planta inteira.

4.4. Ensilagem

Os sorgos foram cortados manualmente, a 20 cm do solo, em estádio leitoso-pastoso, sendo posteriormente picados em picadeira estacionária Nogueira, modelo DPM-4, e ensilados. Foram utilizados 15 silos, feitos de "PVC", para cada híbrido, o que totaliza 90 silos. Nos períodos 1; 2; 3; 4; 5 e 6, dois silos por híbrido, que correspondem os dois canteiros, as duas repetições, o que resultaria em 12 silos; no período 7 foram três silos por híbrido, que correspondem os três canteiros, as três repetições, o que resultaria em 3 silos. O resultado final são 15 silos por genótipo. Cada silo de "PVC" tinha 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. A

compactação do material foi feita com pêndulo de madeira, e o fechamento dos silos com tampas de "PVC" dotadas de válvulas tipo "Bunsen". 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 ou P0, para posterior análise.

4.5. Preparo do material e análises laboratoriais

Após a abertura de cada silo, o conteúdo foi retirado e homogeneizado. Uma fração do material foi pesada em bandejas de alumínio e colocada em estufa com ventilação forçada a 65°C por 72 horas. A amostra, após ser retirada da estufa, foi mantida por 24 h a temperatura ambiente, e pesada para determinação da matéria pré-seca. A outra fração do material foi prensada, utilizando-se prensa hidráulica "Carver" modelo C, para obtenção do suco, que foi usado nas determinações do nitrogênio amoniacal, pH e dos ácidos orgânicos (após congelamento dos sucos). O teor de N-NH₃/NT foi dosado após a extração do suco por destilação com cloreto de cálcio e óxido de magnésio, utilizando-se ácido bórico como solução receptora e ácido clorídrico para titulação. O pH foi medido em potenciômetro "Beckman Expandomatic SS-2" com escala expandida. Antes do congelamento do suco da silagem, foi adicionado ácido metafosfórico na proporção de um ml para quatro de suco. Acondicionou-se em frascos de polietileno devidamente identificados e congelados, para posteriores análises de ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico) por cromatografia gasosa em cromatógrafo da marca Shimadzu GC-17A, 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.

Após a pré-secagem, cada amostra foi moída em moinho estacionário "Tomas-Wiley", modelo 4, utilizando-se peneira de 1 mm, e guardada em recipiente para análises laboratoriais posteriores.

A partir das amostras pré-secas foram determinadas a 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 seqüencial (fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, celulose, hemicelulose e lignina) utilizando o aparelho ANKON (Van Soest, 1991).

4.6. Análise Estatística

O delineamento utilizado inicialmente foi de blocos ao acaso, mas devido à ausência de efeitos o adotado foi o inteiramente casualizado. 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";

μ = 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.

Para os dados agrônômicos adotou-se o seguinte esquema fatorial: 6x 3 (seis híbridos x três repetições)

Tabela 2. Esquema de análise de variância para análise dos dados agrônômicos (número de plantas por hectare, altura das plantas, produção de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível toneladas/hectare, e relação folha/colmo/panícula)

FONTES DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Total	17
Híbrido	5
Erro	12

Para as variáveis MS, PB, DIVMS, FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina, que foram avaliados para os dois tipos de material (material original e as silagens), adotaram-se dois esquemas fatoriais, sendo o primeiro 6x 6x 2 (seis tempos de vedação x seis híbridos x duas repetições) para os dias de abertura 1; 3; 5; 7; 14 e 28.

Tabela 3. Esquema de análise de variância para análise da composição nutricional das silagens nos dias de abertura 1; 3; 5; 7; 14 e 28

FONTES DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Total	71
Híbrido	5
Tempo de abertura	5
Híbrido x Tempo	25
Erro	36

O segundo esquema fatorial é 2x 6x 3 (dois tempos de vedação x seis híbridos x três repetições) para o material original e o dia 56.

Tabela 4. Esquema de análise de variância para análise da composição nutricional (material original e das silagens no dia de abertura 56)

FONTES DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Total	35
Híbrido	5
Tempo de abertura	1
Híbrido x Tempo	5
Erro	24

Para as variáveis CHOS, pH, nitrogênio amoniacal e ácidos orgânicos foram utilizados outros dois esquemas fatoriais, pois diferiam no número de repetições. O primeiro encontra-se na tabela 5 e corresponde aos dias de abertura 1; 3; 5; 7; 14 e 28, e é 6x 6x 2 (seis tempos de vedação x seis híbridos x duas repetições).

Tabela 5. Esquema de análise de variância para análise dos padrões de fermentação (pH, N-amoniacal e ácidos orgânicos) das silagens nos dias de abertura 1; 3; 5; 7; 14 e 28

FONTES DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Total	71
Híbrido	5
Tempo de abertura	5
Híbrido x Tempo	25
Erro	36

O segundo corresponde às mesmas características da análise anterior e encontra-se na tabela 6, só que para o dia 56: 6x 3 (seis híbridos x três repetições).

Tabela 6. Esquema de análise de variância para análise dos padrões de fermentação (pH, N-amoniaco e ácidos orgânicos) das silagens no dia de abertura 56

FONTES DE VARIÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Total	17
Híbrido	5
Erro	12

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dados agronômicos dos híbridos de sorgo

5.1.1. Número de plantas por hectare

Na tabela 7 aparecem os dados agronômicos dos seis genótipos de sorgo. O genótipo 1 foi estatisticamente ($p < 0,05$) superior com 160.950 plantas por hectare, enquanto o 5 e o 6 foram estatisticamente ($p < 0,05$) inferiores, com 94.760 e 107.610 NP/ha, respectivamente. Os híbridos 2; 3 e 4 apresentaram valores intermediários (129.520; 124.280 e 119.050 NP/ha, respectivamente), quando comparados com os valores anteriormente citados. A média dos híbridos foi de 122.695 plantas/hectare, valor este que foi superior ao encontrado por Brito (1999), Corrêa (1996), Araújo (2002) e inferior ao de Pesce (1998), Lajus et al. (1999) e Farra et al. (1999), que foram 113.744; 108.870; 92.220, 139.780, 190.526 e 198.333, respectivamente.

No presente trabalho ocorreu uma ampla variação (de 94.760 a 160.950) do número de plantas/hectare. Conforme cita Carvalho (1992), isso pode ser explicado pela variabilidade na capacidade de adaptação da planta e ou valor cultural das sementes. No entanto, nesse trabalho isso não foi avaliado, o que inviabiliza uma conclusão acertada de

qual seria o verdadeiro motivo dessa grande amplitude no número de plantas/ha.

5.1.2. Altura dos híbridos de sorgo

Na tabela 7 estão presentes os dados de altura dos híbridos de sorgo. Os cultivares 2 e 6 obtiveram altura superior (2,7 e 2,72 m, respectivamente) estatisticamente ($p < 0,05$) aos demais híbridos. Os híbridos 1; 3; 4 e 5 apresentaram altura que variou de 2,30 a 2,43 m.

Esses valores são semelhantes aos obtidos por Silva (1996), que encontrou variação de 2,57 a 3,13 m, e superiores aos obtidos por Araújo (2002), Corrêa (1996), Lajus et al. (1999) e Farra et al. (1999), que obtiveram médias de 1,97; 2,25; 1,58 e 1,96, respectivamente.

Os híbridos utilizados neste experimento são classificados como cultivares de porte alto, com altura média de 2,5 metros. Os híbridos 2 e 6 tiveram valores superiores (variaram de 2,70 a 2,72 m) ao mencionado anteriormente, enquanto que o 1; 3; 4 e 5 apresentaram valores inferiores (com variação de 2,30 a 2,43 m). Essa característica é importante, pois segundo Zago (1992), a altura das plantas está diretamente relacionada com a produção de matéria seca e com as proporções de colmo, folha e panícula da forragem.

5.1.3. Dados de produção de Matéria verde, Matéria Seca e Matéria Seca Digestível em toneladas por hectare

Na tabela 7 estão presentes os dados de produção de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível por hectare. As produções de matéria verde não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) entre os híbridos, apesar de mostrar uma ampla variação (38,67 a 56,48 t/ha).

Produções médias de matéria verde (50,68; 30,54; 34,98; 39,29 e 32,03 t/ha) semelhantes foram encontradas por Chiele et al. (1999), Lajus et al. (1999) (de 33,37 t/ha), Farra et al. (1999) (de 40,5 t/ha) e Resende (2001) (de 41,9 t/ha). O número de plantas por hectare apresentou alta

correlação com a produção de matéria verde por hectare ($r=0,65$, $p<0,005$). Diferente do exposto anteriormente, Brito (1999) não encontrou correlação entre essas duas variáveis.

Tabela 7. Dados agrônômicos dos híbridos: número de plantas por hectare (NP/ha) (1000/ha), altura das plantas (metros), produção de matéria verde (MV/t/ha), matéria seca (MS/t/ha) e matéria seca digestível (MSD/t/ha) toneladas/hectare

Híbrido	NP/ha ¹	ALTURA (m) ²	MV/t/ha ³	MS/t/ha ⁴	MSD/t/ha ⁵
1	160,95 ^A	2,43 ^B	54,76 ^A	14,22 ^B	8,48 ^B
2	129,52 ^{AB}	2,7 ^A	56,48 ^A	18,14 ^A	10,76 ^A
3	124,28 ^{AB}	2,32 ^B	43,05 ^A	11,18 ^B	6,37 ^B
4	119,05 ^{AB}	2,4 ^B	50,57 ^A	13,31 ^B	8,00 ^B
5	94,76 ^B	2,3 ^B	38,67 ^A	10,30 ^B	5,83 ^B
6	107,61 ^B	2,72 ^A	48,57 ^A	13,06 ^B	6,95 ^B

Letras distintas indicam médias diferentes entre híbridos para a mesma característica. Teste SNK, ($p<0,05$). CV¹=16,64%; CV²=3,37%; CV³=13,54%; CV⁴=14,85% e CV⁵=15,04%.

No entanto, a produção de MS/ha do híbrido 2 foi estatisticamente ($p<0,05$) superior à dos demais com 18,14 t/ha. Os híbridos 1; 3; 4; 5 e 6 foram semelhantes entre si, com 14,22; 11,18; 13,31; 10,30 e 13,06 t/MS/ha, respectivamente. Esses dados estão de acordo com os de Cummins (1981), que trabalhou com quatro híbridos de sorgo e obtiveram produções que variaram de 7,4 a 18,1 toneladas de MS/ha, Silva (1996), de 10,33 a 14,77 t/ha (sorgos de porte alto), Corrêa (1996), de 8,56 a 15,02 t/ha, Resende (2001), de 8,82 a 16,6 t/ha e Farra et al. (1999), que obtiveram média de 12,3 t/ha. Valores inferiores ao do presente trabalho foram obtidos por Araújo (2002), com média de 6,22 t/MS/ha (sorgo) e Lajus et al. (1999), de 9,98 t/ha (sorgo).

A grande variabilidade dessa característica se deve ao fato de que ela sofre influência de muitas variáveis, como fertilidade do solo, índice pluviométrico, variabilidade genética, número de plantas/ha, estágio de maturação dos grãos, dentre outros (Brito, 1999). No presente trabalho foi encontrada correlação positiva entre produção de MS/ha e altura

das plantas [$r = 0,52$ ($p<0,05$)], isso reflete a importância da altura como indicativo da produção da forragem.

Os valores referentes à produção de matéria seca digestível possuem o mesmo comportamento da produção de matéria seca. O genótipo 2 apresentou valor superior estatisticamente ($p<0,05$), com 10,76 t/ha, quando comparado com os outros cinco materiais avaliados. Enquanto que, os demais híbridos não obtiveram diferença estatística entre eles, com variação de 5,83 a 8,48 t/ha.

Valores semelhantes para produção de matéria seca digestível foi encontrado no trabalho de Cândido (2000), com variação de 6,93 a 8,81 t/ha, ele trabalhou com cinco híbridos de sorgo. (AG2002-forrageiro, porte alto e colmo succulento; AG2005E-duplo-propósito, porte baixo e colmo seco; AGX202-forrageiro, porte alto e colmo seco; AGX213-forrageiro, porte alto e colmo seco e AGX215-forrageiro, porte alto e colmo seco), após 60 dias de fermentação e que foram colhidos no estágio farináceo.

No entanto, valores inferiores de produção de matéria seca digestível foram encontrados no trabalho de Brito (1999), ele trabalhou com sete genótipos, que foram ensilados no estágio de grão leitoso-pastoso. Nesse, os materiais apresentaram variação de 3,61 a 5,98 t/ha para o sorgo de porte alto e colmo succulento, e de 1,89 a 3,41 t/ha para o sorgo de porte baixo e colmo seco. A explicação para esse baixo rendimento seria a data em que eles foram plantados, que foi 25 de janeiro, em que, as condições de cultivo já não são tão favoráveis.

5.1.4. Proporção panícula/folha/colmo dos híbridos de sorgo

Tabela 8. Proporção panícula/folha/colmo dos híbridos, expressos em porcentagem da matéria seca (MS)

Híbrido	%PANÍCULA ¹	%FOLHA ²	%COLMO ³
1	50,57 ^A	23,50 ^A	25,93 ^A
2	42,61 ^A	24,64 ^A	32,75 ^A
3	47,77 ^A	25,73 ^A	26,50 ^A
4	49,01 ^A	22,25 ^A	28,75 ^A
5	55,14 ^A	22,00 ^A	22,85 ^A
6	52,48 ^A	20,75 ^A	26,76 ^A
Média dos híbridos	49,60 ^A	23,15 ^A	27,26 ^A

Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente. ($p < 0,05$). Teste SNK, ($p < 0,05$). $CV^1 = 13,13\%$; $CV^2 = 23,80\%$ e $CV^3 = 37,35\%$.

No trabalho de Brito (1999) os resultados encontrados foram bem diferentes, sendo que ele utilizou sete híbridos de sorgo no estágio de grão leitoso/pastoso. Dentre estes, 4 eram de porte alto e 3 de porte baixo. As porcentagens de folha, colmo e panícula foram as seguintes na MS: 9,83%; 74,52% e 15,62% para híbridos de porte alto, e 24,95%; 46,52% e 28,5% para os de porte baixo. Resultados semelhantes ao desse autor foram encontrados por Lajus et al. (1999), Farra et al. (1999) e Silva (1997).

Este último trabalhou com sorgos duplo propósito e forrageiro que apresentaram proporções semelhantes de panícula, folha e

Na tabela 8 estão presentes as proporções de panícula, folha e colmo na matéria seca (MS) em relação à planta inteira. Os híbridos foram semelhantes para proporção de panícula, folha e colmo com variações de 42,61% a 55,14%; 20,75% a 25,73% e 22,85% a 32,75% na MS, respectivamente. Esses dados estão de acordo com Araújo (2002) (híbridos duplo-proposito), que obteve média de panícula/folha/colmo de 45,32%; 17,56% e 32,89% (estádio farináceo), e com Corrêa (1996), que trabalhou com dois híbridos de porte médio (duplo-propósito) e um de porte alto (forrageiro), e obteve variação de 37,40% a 47,36%; 14,88% a 18,00% e 34,60% a 45,99%, respectivamente para panícula, folha e colmo.

colmo na MS (média: 30,84%; 18,32% e 50,84%, respectivamente).

No entanto, Hart (1990) obteve maior proporção de panícula (62% na MS), semelhante de folha (26% na MS) e inferior em colmo (12% na MS) em silagem feita com sorgo no estágio de grão leitoso-pastoso, quando comparados aos resultados deste experimento. O mesmo ocorreu no experimento de Silva (1997), que trabalhou com sorgo granífero e obteve proporção de panícula de 59,36% na MS.

Os híbridos do presente trabalho apresentaram altas proporções de panícula

em relação aos outros constituintes. Segundo Schmid et al. (1976) para a silagem apresentar boas características nutricionais, ela deve apresentar alta proporção de panícula no material ensilado.

5.2. Composição química do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

5.2.1. Matéria seca do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

Os dados de matéria seca (MS) estão presentes na tabela 9. Não houve interação entre híbrido e a época de abertura. O cultivar 2 foi estatisticamente superior ($p < 0,05$) aos demais com média de 31,91% de MS. Já os híbridos 1; 3; 4; 5 e 6 apresentaram teores de MS que foram semelhantes entre si (28,53%; 28,15%; 28,47%; 29,27% e 29,71%, respectivamente). Quando comparadas às médias dos períodos vê-se que o P0 e o P1 apresentaram teor de MS inferiores (27,43% em média) aos demais períodos, e foi

encontrado um teor de MS médio de 29,97%, que variou de 29,21% a 30,70%.

As variações no teor de MS obtidas neste trabalho foram semelhantes aos encontrados em outros experimentos. Nogueira (1995) obteve valores que variaram de 25,60% a 30,27%. O trabalho de Silva (1996) apresentou médias de 25,27%; 30,13% e 31,02% (porte alto, médio e baixo, respectivamente), Lajus et al. (1999) (29,7%) e Farra et al. (1999) (32,5%). Pereira et al. (1993) obtiveram variação de 23,6% a 33,4% MS, Corrêa (1996), de 28,80% a 33,33%, Resende (2001), 23,70% a 35,6%, Bernardino (1996), de 26,46% a 31,03% e Genro et al. (1995), de 27,63% a 32,29%. No entanto, os dados do presente trabalho se mostraram inferiores aos obtidos por Araújo (2002) que obteve variação de 43,42% a 44,57% da MS, para sorgo duplo propósito.

O teor de matéria seca é uma característica importante para determinar o momento da ensilagem, pois ao ensilar com baixo teor de

Tabela 9. Valores de matéria seca do material original e das silagens dos híbridos

Período ² Híbrido ¹	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	25,83	26,58	28,57	31,02	29,39	29,35	29,09	28,42	28,53 ^{BC}
2	32,10	30,42	32,18	33,27	31,91	31,79	32,86	31,92	31,91 ^A
3	26,21	25,75	28,93	28,94	28,02	28,44	30,07	28,80	28,15 ^C
4	26,19	26,92	29,08	29,25	29,04	28,32	30,43	28,52	28,47 ^{BC}
5	26,62	27,86	29,50	30,16	29,67	29,53	31,13	28,43	29,27 ^{BC}
6	27,01	27,71	31,35	31,53	30,09	30,60	30,33	29,05	29,71 ^B
Média: dos períodos	27,33 ^b	27,54 ^b	29,93 ^a	30,70 ^a	29,69 ^a	29,67 ^a	30,65 ^a	29,21 ^a	29,34

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, ($p < 0,05$). CV=5,51%

MS podem ocorrer perdas por efluentes e prejuízos por fermentações secundárias por ação de bactérias indesejáveis. O mesmo ocorre quando se ensila com alto teor de

MS, quando a compactação fica mais difícil e a silagem mais susceptível ao aquecimento por ação de microrganismos aeróbios.

Como mencionado anteriormente, houve elevação do teor de MS com o processo de

ensilagem. Comportamento semelhante foi obtido no trabalho de Brito (1999) (27,4% e 28,5% de MS média na matéria original e nas silagens, respectivamente). A elevação do teor de MS com o decorrer dos dias de ensilagem pode ser consequência da volatilização de gases resultantes das fermentações de carboidratos e proteínas (Muck, 1988).

Segundo Paiva (1976), silagens de boa qualidade devem ter de 30% a 35% de matéria seca. Para Pizarro (1978), essa faixa seria mais ampla, variando de 28 a 38% de MS. Nesse trabalho apenas o híbrido 2 se encaixa dentro da classificação de Paiva (1976). No entanto, alguns cultivares apresentam oscilações no teor de MS no decorrer dos dias de abertura, com valores próximos aos 30%.

Para McDonald et al (1991), quando a planta possui teor de MS de 20% e uma grande quantidade de CHOS, essas são as condições necessárias para a produção de uma silagem de boa qualidade, todavia, perdas pela produção de efluentes podem ocorrer. De acordo com Gordon (1967) prejuízos dessa natureza podem ser minimizados quando o teor de MS está em torno de 28% a 30%.

No sorgo a porcentagem de MS varia com a idade de corte, com a natureza do colmo da planta e com a proporção dos vários constituintes da planta (colmo, folha e panícula) (Silva, 1997). Esse obteve aumento linear no teor de matéria seca à medida que se elevava a proporção de panícula da silagem (de 25,1% (tratamento folha + colmo) para 47,10% (tratamento panícula). Rocha Jr. et al. (2000b) encontraram correlação positiva entre a porcentagem de panícula e o teor de MS ($r=0,78$; $p<0,001$), confirmando o efeito da panícula sobre o aumento do teor de MS do material ensilado. Isso explica, em parte, os teores de MS obtidos neste experimento, com média (híbridos e períodos) de 29,34% de MS).

O grande responsável pela elevação de MS da planta inteira é o aumento da proporção de panícula que ocorre com o decorrer da maturidade da planta. Neste experimento, os sorgos foram colhidos no estágio de grão leitoso-pastoso. Cummins (1981) estudou o efeito do estágio do grão sobre elevação da MS, e encontrou os seguintes teores de MS: 22,3%; 24,6%; 27,2% e 32,9% para as silagens que tinham os grãos nos estádios leitoso, leitoso-farináceo, farináceo e farináceo-duro, respectivamente. Meeske et al. (1993) obtiveram teores de MS de 20,7 e 28,9%, respectivamente para silagem feitas com sorgo em estágio de maturação floração tardia e grão pastoso. Teores mais elevados foram conseguidos por Hart (1990) com sorgo no estágio de grão leitoso-farináceo (34,8%) e grão duro (43,6%). O mesmo ocorreu no trabalho de Araújo (2002).

5.2.2. Proteína bruta do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

Os dados médios de proteína bruta (PB) das silagens se encontram na tabela 10. Não ocorreu interação época de abertura com os diferentes híbridos. O híbrido 3 apresentou valor médio de PB superior estatisticamente ($p<0,05$) aos demais, enquanto que o híbrido 6 teve valor inferior estatisticamente ($p<0,05$) quando comparado aos outros, com 5,60% de PB na MS. O genótipo 4 foi inferior (6,99% de PB na MS) estatisticamente ($p<0,05$) ao 3, e o 5 apresentou valor intermediário (7,34% de PB na MS) entre os híbridos 3 e 4. Já os híbridos 1 e 2 apresentaram valores superiores (6,29% e 6,07% na MS, respectivamente) estatisticamente ($p<0,05$) de PB do que o genótipo 6, e inferiores estatisticamente ($p<0,05$) aos híbridos 3; 4 e 5.

Os dados médios de PB dos diferentes períodos de fermentação mostraram variação

com o processo de ensilagem. No material original (P0), o teor médio dos híbridos foi de 6,86% de PB na MS, que é estatisticamente superior ($p < 0,05$) ao encontrado no dia 56, que foi de 6,16%. Já os valores apresentados pelos demais períodos de fermentação (P1; P2; P3; P4; P5 e P6, com variação de 6,59% a 6,75% de PB na MS) foram semelhantes ao P0 e P7.

Existe uma grande variabilidade nos teores de PB nas silagens em diferentes culturas, sendo na silagem de milho de 9,68% a 11,32% (Guimarães Jr., 2003), de milho de 6,83% a 8,5% (Maia, 2001), de girassol de 7,33% a 9,93% (Jayme, 2003) e de sorgo de 5,08% a 10,6% (Hart, 1990; Nogueira, 1995;

Bernardino, 1996; Corrêa, 1996; Silva, 1996; Silva, 1997; Lajus et al., 1999; Farra et al., 1999; Resende, 2001; Araújo, 2002).

Requisitos mínimos de 7% de proteína bruta são necessários para manter um adequado padrão de fermentação ruminal (Church, 1988). Esse nutriente é essencial para o ruminante, pois fornece aminoácidos e nitrogênio para a síntese microbiana, que por sua vez, funciona como fonte de PB para o ruminante para a síntese de tecidos e para a produção de leite. Dos cultivares em estudo, apenas o 3, 4 e 5 apresentaram resultados próximos ao mínimo necessário para um adequado funcionamento ruminal.

Tabela 10. Valores de proteína bruta do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca

Período ² Híbrido ¹	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	6,49	5,91	6,21	6,44	6,38	6,73	6,38	5,76	6,29 ^C
2	6,39	6,09	5,88	5,86	6,27	6,48	5,89	5,73	6,07 ^C
3	7,94	7,28	7,33	7,47	7,70	7,10	7,63	7,10	7,45 ^A
4	6,78	7,17	6,65	7,20	7,19	7,03	7,03	6,87	6,99 ^B
5	7,80	7,77	7,59	7,85	7,25	6,93	7,26	6,27	7,34 ^{AB}
6	5,79	5,80	5,87	5,67	5,65	5,28	5,50	5,23	5,60 ^D
Média: dos períodos	6,86 ^a	6,67 ^{ab}	6,59 ^{ab}	6,75 ^{ab}	6,74 ^{ab}	6,59 ^{ab}	6,62 ^{ab}	6,16 ^b	6,62

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, ($p < 0,05$). CV=8,25%

Silva (1997) estudou a influência das diferentes proporções (panícula, folha e colmo) no teor de PB das silagens. Estas só apresentaram o requisito mínimo de 7,0% PB na MS quando a proporção de panícula na silagem foi superior a 40%, concordando com Nussio (1991), que recomenda de 40% a 50% de grãos na MS da silagem para se ter uma forragem de boa qualidade. No entanto, neste trabalho, isso não ocorreu para os híbridos 1;2 e 6, que tiveram variação de 5,60% a 6,29% de PB na MS, embora eles apresentassem proporções médias de

panícula de 50,57%; 42,61% e 52,48% na MS, respectivamente.

De acordo com Van Soest (1994) o teor de PB não varia com o processo de ensilagem, apesar de as diferentes frações nitrogenadas poderem ter suas proporções alteradas. Entretanto, isso não ocorreu para a maioria dos híbridos deste experimento, como está demonstrado na tabela 10, pois houve diminuição do valor de PB com o processo de ensilagem, com exceção do híbrido 4 que teve o seu teor de PB estável frente ao processo de ensilagem. Isso pode ter acontecido por dificuldades de amostragem,

ou como consequência da volatilização de componentes, como a amônia, no momento da pré-secagem, o que resultaria em diminuição do teor de PB da silagem. Situações semelhantes ocorreram nos trabalhos de Araújo (2002), Rocha Jr et al. (2000b) e Guimarães Jr. (2003).

5.2.3. Carboidratos solúveis das silagens dos híbridos de sorgo

Os valores de carboidratos solúveis (CHOS) (Tabela 11) variaram de 0,15% para o cultivar 5 no P3 a 7,76% para o híbrido 2 no P1. Ocorreu interação entre época de abertura e os diferentes híbridos. Com um

dia de fermentação, os híbridos mostraram grande variabilidade na concentração de CHOS (de 0,53% a 7,76% na MS, para os híbridos 5 e 2, respectivamente). Os valores médios dos diferentes períodos de fermentação foram de 3,52%; 2,35%; 1,45%; 0,96%; 0,43% e 0,23% na MS, respectivamente para os híbridos 2; 6; 4; 1; 3 e 5. Desses, o híbrido 2 foi estatisticamente superior ($p < 0,05$) aos demais, enquanto que o 5 estatisticamente inferior ($p < 0,05$).

Variações semelhantes no teor de CHOS para silagens de sorgo foram encontradas por Araújo (2002), de 0,08% a 0,45%,

Tabela 11. Valores de carboidratos solúveis das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca

Período ² Híbrido ¹	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	2,71 ^{CDa}	1,10 ^{BDb}	0,76 ^{BDb}	0,56 ^{Bb}	0,56 ^{Bb}	0,64 ^{ADb}	0,41 ^{Ab}	0,96 ^{CD}
2	7,76 ^{Aa}	3,51 ^{Abc}	3,92 ^{ADbc}	3,05 ^{ADbc}	2,80 ^{Abc}	2,22 ^{Abc}	1,43 ^{ADc}	3,52 ^A
3	1,36 ^{CDa}	0,41 ^{Bac}	0,22 ^{Bac}	0,25 ^{BDac}	0,25 ^{Bac}	0,34 ^{ADac}	0,22 ^{ABa}	0,43 ^{DE}
4	2,86 ^{CDab}	1,73 ^{BDab}	1,40 ^{Bab}	1,03 ^{Bab}	1,34 ^{BDab}	1,28 ^{Aab}	0,53 ^{ADb}	1,45 ^C
5	0,53 ^{Dab}	0,18 ^{Bab}	0,15 ^{BDA}	0,17 ^{Bab}	0,17 ^{BDbab}	0,26 ^{ABab}	0,19 ^{Aab}	0,23 ^E
6	6,11 ^{Bab}	4,86 ^{ADab}	1,65 ^{Bb}	1,20 ^{BDbb}	1,10 ^{ABbb}	0,94 ^{Abb}	0,65 ^{Abb}	2,35 ^B
Média: dos períodos	3,55 ^a	1,96 ^b	1,35 ^c	1,04 ^{cd}	1,03 ^{cd}	0,95 ^{cd}	0,57 ^d	1,70

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, ($p < 0,05$). CV=49,90%

Borges (1995), de 0,42% a 8,42%, Nogueira (1995), de 0,63% a 9,61%, Brito (1999), de 0,3% a 5,6%, Rocha Jr. et al. (2000b), de 0,2% a 8,3% e Maia (2001), de 0,70% a 8,57%, este último em silagem de milho.

Para que ocorra uma fermentação predominantemente homolática, com rápida queda de pH, é necessária uma quantidade mínima de substrato na forma de CHOS (6 a 8% na MS) (Neal et al., 1983). De todos os híbridos do presente estudo, apenas o 2 e o 6 apresentam valores de CHOS adequados

para garantirem uma boa fermentação, segundo critérios citados acima.

Outro ponto importante a ser observado na tabela 11, é que no dia 56, apenas alguns híbridos (2; 4 e 6) apresentaram o valor mínimo necessário para períodos longos de estocagem, que seria próximo de 1,0% (Moisio et al., 1994). Os outros apresentaram valores considerados baixos, que variavam de 0,19 a 0,41%. Apesar desses resultados, as silagens tiveram bons parâmetros de fermentação.

O grau de desaparecimento de CHOS depende do tipo de microrganismo, condição de anaerobiose, tempo de ensilagem, o teor de MS da planta e sua capacidade tamponante, entre outros.

A média obtida, no presente trabalho, no dia 56, foi de 0,57%. Esta é semelhante às médias obtidas por Guimarães Jr. (2003) (0,52% silagem de milho). É inferior à de Nogueira (1995) (0,87%, silagem de sorgo), Silva (1996) (1,17%, silagem de sorgo), Bernardino (1996) (1,64%, silagem de sorgo), Maia (2001) (0,89%, silagem de milho) e Silva (1997) (0,83%, silagem de sorgo). É superior ao de Araújo (2002) (0,28%, silagem de sorgo).

Dos híbridos estudados, apenas 1 e o 2 tiveram um comportamento considerado normal, que a partir do dia 3 de abertura apresenta estabilidade no teor de CHOS e assim permanece até o dia 56. Os demais mostraram tendência de estabilidade entre os dias 3 e 5 de abertura. Os dados médios dos híbridos nas diferentes épocas de abertura mostraram queda expressiva no teor de CHOS do P1 (3,55%) para P2 (1,96%) e P3 (1,35%), com tendência de estabilidade para P4, P5 e P6 (1,04%; 1,03% e 0,95%,

respectivamente), e nova diminuição de CHOS no P7 (0,57%).

Resultado semelhante foi relatado por Maia (2001), que trabalhou com padrão de fermentação de silagens de milho, que foram abertas com 1; 3; 5; 7; 14; 28 e 56 dias de fermentação. Nesse trabalho, as silagens apresentaram queda expressiva no teor de CHOS do dia 1 (6,0%) para o dia 3 (1,36%) e 5 (0,93), e a partir deste, estabilidade até o dia 28 e nova queda no dia 56 (0,89%). No trabalho de Meeske (1998), com silagem de milho, a estabilidade desta era alcançada com cerca de quatro dias, o pH caía de 6,0 para menos de 4,0, a quantidade de carboidratos solúveis variava de 11% para cerca de 6,5% MS, e o teor de ácido láctico subia para cerca de 6,6% MS.

5.2.4. Fibra em detergente neutro do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 12 estão os valores de fibra detergente neutro (FDN). Essa fração não variou com o processo de ensilagem, e apresentou oscilação de 51,50% a 55,23% na MS para os diferentes períodos avaliados.

Tabela 12. Valores de FDN (fibra detergente neutro) do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca

Período ² Híbrido ¹	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	56,22	54,62	54,96	54,24	51,28	51,21	50,64	50,50	52,96 ^{ABC}
2	52,34	53,40	52,03	52,92	52,14	50,32	52,59	53,53	52,41 ^{BC}
3	56,73	55,98	53,52	54,42	52,52	53,26	51,39	52,86	53,83 ^{AB}
4	54,98	51,66	49,21	49,60	52,09	51,57	45,85	49,74	50,59 ^C
5	54,68	50,64	48,96	50,38	53,60	55,29	55,10	53,77	52,80 ^{ABC}
6	56,42	50,68	56,94	54,68	57,69	54,27	53,44	57,06	55,15 ^A
Média: dos períodos	55,23 ^a	52,83 ^a	52,60 ^a	52,71 ^a	53,22 ^a	52,6 ^a	51,50 ^a	52,91 ^a	52,96

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, (p<0,05). CV=5,96%

No entanto, os híbridos apresentaram médias diferentes. O cultivar 6 teve teor de FDN superior aos demais com 55,15% na MS, sendo ele igual ao 1; 3 e 5 (52,96%; 53,83% e 52,8%, respectivamente). O 4 obteve valor inferior com média de 50,59% na MS, sendo semelhante ao 1; 2 e 5.

Os valores encontrados para os híbridos de sorgo desse trabalho são semelhantes aos de Silva (1997) para o sorgo duplo propósito e forrageiro (52,22% e 50,43%, respectivamente). Silva (1996) encontrou valor de 57,14% (sorgo de porte baixo). White et al. (1991), ao trabalharem com cinco híbridos de sorgo, encontraram variação de 47,6% a 55,8% de FDN na MS. Nogueira (1995) obteve valores de 44,59% a 56%; Corrêa (1996) de 46,35% a 57,77% (sorgo com estágio de grão pastoso-farináceo); Bernardino (1996) de 48,44% a 57,61% (sorgo) e Resende (2001) de 44,8% a 60,4% (sorgo).

Valores inferiores foram encontrados por Hart (1990), com média de 43,8% na MS. Silva (1997) obteve 45,7% (sorgo granífero). Entretanto, Araújo (2002) encontrou valores superiores aos do presente trabalho, com valor médio de 61,0%. Borges (1995) obteve variação de 57,30% a 59,93% na MS, e Silva (1996) de 60,41% a 60,2% (sorgo de porte médio e alto, respectivamente).

Essa fração do alimento é menos digestível do que os carboidratos não fibrosos, e a presença dele no alimento ou dieta é negativamente correlacionada com a concentração de energia. Quando oferecido em grandes quantidades na dieta, se não tiver uma fonte adequada de energia, ele pode limitar a ingestão de alimentos. No entanto, a sua presença nesse é indispensável, pois garante um adequado funcionamento ruminal (Nutrient..., 2001).

Diante do exposto na tabela 12, conclui-se que todos os híbridos se mostraram promissores para a confecção de silagens,

pois apresentaram bons valores de FDN e, além disso, seus valores se mantiveram estáveis com o processo de ensilagem.

5.2.5. Fibra em detergente ácido do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 13 encontram-se valores de fibra detergente ácido (FDA). Os híbridos não apresentaram diferenças significativas entre eles e nem entre os oito períodos, que, em média, foi de 25,25% na MS.

No presente experimento a variação média entre os híbridos foi de 23,65% a 26,33 % na MS, não havendo diferenças significativas entre eles. Valores semelhantes foram encontrados por Nogueira (1995) (25,19% a 27,51%), Corrêa (1996) (26,45% a 33,29%), Hart (1990) (média de 27,4% na MS) e Silva (1997) (média de 25,17%- sorgo granífero). No entanto, Borges (1995), trabalhando com silagem de sorgo, encontrou resultados inferiores aos do presente trabalho, com variação de 19,08% a 20,98% na MS.

Valores superiores ao deste trabalho são relatados por Araújo (2002), que apresentou média de 35,75% (sorgo estágio farináceo). Silva (1997) obteve 30,56% (sorgo duplo propósito) e 29,59% (sorgo forrageiro), White et al. (1991), variação de 32,0% a 36,6% de FDA na MS (silagem de sorgo), Bernardino (1996), de 28,07% a 31,61%, Resende (2001), de 26,50% a 40,60% (silagem de sorgo) e Silva (1996) que obteve médias de 32,74%; 34,98% e 35,52%, para sorgo porte baixo, médio e alto, respectivamente.

A ausência da modificação do teor de FDA está de acordo com McDonald et al. (1991) e Van Soest (1994) que comentam sobre a estabilidade dessa fração no processo de ensilagem, isso quando a forragem apresenta uma boa quantidade de carboidratos solúveis prontamente disponíveis para as bactérias

ácido-láticas, aliado a baixa capacidade tamponante.

Tabela 13. Valores de FDA (fibra detergente ácido) do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca

Período ² Híbrido ¹	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	28,80	23,73	23,45	25,15	24,52	21,62	25,06	24,75	24,64 ^A
2	25,36	27,24	25,72	25,37	25,13	23,54	26,00	26,63	25,62 ^A
3	28,19	30,70	26,19	25,18	24,11	26,55	23,57	25,74	26,28 ^A
4	26,88	23,65	23,71	22,92	23,10	23,64	20,57	24,73	23,65 ^A
5	25,77	24,08	23,69	23,55	25,10	27,03	24,34	26,50	25,01 ^A
6	29,23	26,11	25,95	24,91	26,35	26,66	24,65	26,78	26,33 ^A
Média: dos períodos	27,37 ^a	25,9 ^a	24,79 ^a	24,51 ^a	24,72 ^a	24,84 ^a	24,03 ^a	25,86 ^a	25,25

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, (p<0,05). CV=14,78%

5.2.6. Hemicelulose do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

Os valores de hemiceluloses estão na tabela 14. Os híbridos não tiveram diferença

estatística entre eles, com variação de 26,94% a 28,82% na MS. Além disso, os cultivares estudados não demonstraram alteração em seus valores médios com o processo de ensilagem, com média geral de 27,70% na MS.

Tabela 14. Valores de hemicelulose do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca

Período ² Híbrido ¹	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	27,42	30,89	31,51	29,09	26,76	29,59	25,58	25,75	28,32 ^A
2	26,99	26,16	26,31	27,55	27,02	26,78	26,59	26,90	26,79 ^A
3	28,54	25,28	27,33	29,24	28,41	26,71	27,82	27,12	27,56 ^A
4	28,09	28,01	25,50	26,68	28,99	27,93	25,28	25,01	26,94 ^A
5	28,91	26,56	25,27	26,83	28,49	28,26	30,76	27,26	27,79 ^A
6	27,19	24,57	30,99	29,77	31,34	27,61	28,78	30,29	28,82 ^A
Média: dos períodos	27,86 ^a	26,91 ^a	27,82 ^a	28,20 ^a	28,50 ^a	27,81 ^a	27,47 ^a	27,05 ^a	27,70

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, (p<0,05). CV=8,53%

Esses dados estão de acordo com os relatados por Silva (1996), com variação de 23,29% a 26,62%. Araújo (2002) obteve

média de 25,25%. Ambos trabalharam com silagem de sorgo (56 dias de ensilagem).

Valores inferiores foram encontrados nas silagens do experimento de Silva (1997) (20,53% para granífero, 21,66% para duplo propósito e 20,84% para forrageiro). Nogueira (1995) obteve variação de 19,4% a 24,14% para diferentes períodos e híbridos. Corrêa (1996) encontrou oscilação de 19,89% a 24,48% (silagem de sorgo no estádio de grão pastoso-farináceo). Bernardino (1996) achou variação de 20,22% a 22,85%, em silagens de sorgo aos 56 dias de ensilagem.

As hemiceluloses não são degradadas por microrganismos produtores de ácido-lácticos, mas poderá ser por bactérias não produtoras desse ácido (Van Soest, 1994). As enzimas das plantas podem desdobrar hemiceluloses em pentoses, que servem de fonte extra para as bactérias ácido-láticas (Muck, 1988). Isso, geralmente, ocorre quando a forragem não possui teores adequados de CHOS. Apesar da maioria dos híbridos não possuírem um teor alto de CHOS, não houve mobilização da fração hemicelulose, pois ela se mostrou estável com o processo de ensilagem.

Tabela 15. Valores de celulose do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca

Período ² Híbrido ¹	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	24,88	20,56	20,49	21,81	21,24	18,79	22,18	21,15	21,57 ^A
2	22,11	23,70	22,62	22,01	21,67	20,73	22,44	23,21	22,34 ^A
3	22,91	25,83	22,53	21,37	20,47	22,96	19,75	21,43	22,15 ^A
4	23,10	19,78	20,70	19,91	19,83	20,46	17,42	21,25	20,51 ^A
5	21,15	20,18	19,75	19,85	20,92	21,90	20,04	22,17	20,76 ^A
6	23,27	21,99	21,38	20,75	21,28	22,05	20,68	22,07	21,79 ^A
Média: dos períodos	22,90 ^a	22,01 ^a	21,24 ^a	20,95 ^a	20,90 ^a	21,15 ^a	20,42 ^a	21,86 ^a	21,43

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, (p<0,05). CV=11,59%

A celulose é um carboidrato estrutural componente da FDA. Dos fatores que interferem em sua digestibilidade como silicificação, cutinização, propriedades

5.2.7. Celulose do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 15 estão apresentados os valores de celulose. Os híbridos não tiveram alteração dessa fração com o processo de ensilagem, com valor médio de 21,43% na MS. Os cultivares estudados obtiveram valores semelhantes de celulose para os diferentes períodos avaliados, sendo a variação encontrada de 20,51% a 22,34% na MS.

Esses dados estão de acordo com os trabalhos de Nogueira (1995), que obteve variação de 21,39 a 23,24% na MS, Borges (1995), de 19,98% a 23,38%, Silva (1996), de 18,7% a 22,85% e Silva (1997), 22,04% para granífero, 25,34% para duplo propósito e 25,56% para forrageiro.

No entanto, valores superiores foram encontrados por Araújo (2002), Bernardino (1996) e Corrêa (1996), com médias de 29,97%; 26,41% e 26,50% para os respectivos autores, em silagens de sorgo, todas com 56 dias de fermentação.

intrínsecas da celulose e lignina, esta última é a principal. O carboidrato pode estar ligado e protegido pela lignina ou não ser afetada por esse composto, isso explica o

comportamento cinético da celulose em diversas taxas de digestão estudadas. A existência de celulose digestível e indigestível reforça a visão de não uniformidade da utilização da celulose, desde que, a não lignificada mostra muita diversidade em digestibilidade (Van Soest, 1994).

Os resultados presentes na tabela 15 estão de acordo com a afirmativa de Van Soest (1994) e Nogueira (1995). Eles afirmam que a celulose é tida como carboidrato estável frente aos processos fermentativos no silo.

5.2.7. Lignina do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 16 estão os dados sobre lignina do material original e das silagens. O material original teve média superior de lignina (4,47%) em relação aos demais dias de abertura (3,72%), sendo que, na silagem ela se manteve estável.

Quando se comparam as médias dos híbridos nos diferentes períodos vemos que o 6 foi superior estatisticamente aos demais com 4,65% de lignina na MS. Já os híbridos 3 e 5 apresentaram valores intermediários de lignina na MS com 4,12 e 4,26%, respectivamente. E por fim, os híbridos 1; 2 e 4 apresentaram valores inferiores aos demais híbridos com 3,25%; 3,31% e 3,35% na MS, respectivamente.

Valores semelhantes foram encontrados nas silagens do experimento de Silva (1997) (3,03% para granífero, 5,04% para duplo propósito e 3,66% para forrageiro). 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% e Guimarães Jr. (2003), de 3,26% a 5,12%. Desses, apenas o último trabalhava com silagem de milho, enquanto, que os demais trabalharam com sorgo.

Tabela 16. Valores de lignina do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca

Período ² Híbrido ¹	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	3,91	3,17	2,96	3,34	3,27	2,84	2,88	3,60	3,25 ^C
2	3,25	3,54	3,11	3,36	3,46	2,81	3,56	3,41	3,31 ^C
3	5,28	4,87	3,66	3,81	3,64	3,59	3,82	4,31	4,12 ^B
4	3,78	3,87	3,02	3,01	3,27	3,18	3,15	3,49	3,35 ^C
5	4,62	3,90	3,94	3,70	4,18	5,13	4,29	4,33	4,26 ^B
6	5,96	4,12	4,57	4,16	5,07	4,60	3,97	4,71	4,65 ^A
Média: dos períodos	4,47 ^a	3,91 ^b	3,54 ^b	3,56 ^b	3,81 ^b	3,69 ^b	3,61 ^b	3,97 ^b	3,82

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, (p<0,05). CV=12,59%

A diferença encontrada para os teores de lignina entre o material original e as silagens, pode ter sido resultado de dificuldades na amostragem, em que porções

mais ricas desse composto (colmo) foram selecionadas para análise do material original, o que resultou em um valor mais elevado presente no material original.

A lignina constitui um polímero fenólico que se associa aos carboidratos estruturais, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular, alterando significativamente a digestibilidade destes carboidratos das forragens (Norton, 1982). Devido a isso, a sua quantificação é de grande valor, pois visa identificar forrageiras que possuam altos teores desse constituinte e selecionar as que a possuam em menor quantidade. O teor de lignina apresentou correlação positiva com os demais componentes da parede celular, indicando semelhança nos padrões de acúmulo dos diferentes carboidratos estruturais [(FDN, $r=0,59$; $p<0,001$) (FDA, $r=0,32$; $p<0,003$) (Celulose, $r=0,34$; $p<0,001$)].

5.3. Qualidade do material original e das silagens de sorgo

5.3.1. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca do material original e das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 17 estão os valores de digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS). Ao considerar os valores médios dos híbridos, o 6 foi estatisticamente ($p<0,05$) inferior aos demais com 53,17%. Os outros apresentaram valores iguais com variação de 56,57 a 60,12% na MS.

Tabela 17. Valores de digestibilidade "in vitro" do material original e das silagens dos híbridos, expressos na porcentagem da matéria seca

Período ² Híbrido ¹	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	55,32	60,33	58,53	63,03	60,98	62,55	57,25	59,18	59,64 ^A
2	59,62	56,63	60,83	59,90	58,38	62,50	59,08	57,73	59,33 ^A
3	54,40	56,50	56,20	57,65	59,93	56,15	58,90	55,95	56,95 ^A
4	56,67	58,88	60,80	59,68	63,45	59,08	65,08	57,40	60,12 ^A
5	56,27	48,43	58,13	57,60	59,43	59,03	59,13	54,63	56,57 ^A
6	50,63	48,53	54,00	55,28	53,98	54,78	56,95	51,50	53,17 ^B
Média: dos períodos	55,48 ^a	54,87 ^a	58,03 ^a	58,85 ^a	59,35 ^a	59,01 ^a	59,40 ^a	56,06 ^a	57,64

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, ($p<0,05$). CV=6,68%

Valores semelhantes foram encontrados nas silagens do experimento de Silva (1997) (62,49% para granífero, 57,83% para duplo propósito e 59,39% para forrageiro), por Nogueira (1995) com variação de 58,4% a 61,7%, por Silva (1996), de 50,19% a 58,49%, Bernardino (1996), de 54,33% a 62,88%, Corrêa (1996), de 53,52% a 57,79% (silagem de sorgo no estágio de grão pastoso-farináceo) e por Guimarães Jr. (2003), de 51,30% a 57,81% (silagem de milho).

No entanto, Araújo (2002), trabalhando com silagem de sorgo, encontrou valores inferiores aos do presente experimento, que variaram de 47,22% a 51,25%.

A média para os diferentes períodos avaliados foi de 57,64% de DIVMS, ou seja, essa 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%, Nogueira (1995) e Pesce (1998) trabalhando com silagem de sorgo. Já Borges (1995) e

Benardino (1996) verificaram diminuição nos valores da digestibilidade com a ensilagem.

De acordo com o padrão de classificação adotado por Borges (1995), os híbridos 1, 2, 3 e 4 seriam considerados de boa qualidade, enquanto, o 5 e o 6 seriam de qualidade média.

Essa análise gera um resultado de grande importância, pois através dela quantifica-se qual vai ser o aproveitamento dos nutrientes do material ensilado, além disso, essa é uma análise fácil, rápida e econômica.

O que mais interfere no adequado aproveitamento da forragem seriam os componentes da parede celular, sendo que, a lignina tem papel principal. Essa é indigestível e pode, dependendo de sua concentração e composição estrutural,

limitar a extensão da digestão (Jung, 1989; Van Soest, 1994). Neste experimento foi encontrada correlação negativa entre a DIVMS e os componentes da parede celular (FDN ($r = -0,44$, $p < 0,001$); FDA ($r = -0,34$, $p < 0,001$); celulose ($r = -0,50$, $p < 0,001$) e lignina ($r = -0,57$, $p < 0,001$)). Esses dados estão de acordo com Silva (1997), Brito (1999), Bernardino (1996), Corrêa (1996) e Rocha Jr. et al. (2000b).

5.3.2. Valores de pH das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 18 estão presentes os dados médios de pH das silagens dos híbridos. Apenas o pH do cultivar 5 apresentou valor diferente dos demais, sendo este estatisticamente ($p < 0,05$) superior aos outros, com 4,15. Os híbridos 1, 2, 3, 4 e 6 apresentaram variação de 3,81 a 3,96.

Tabela 18. Valores de pH das silagens dos híbridos nos diferentes períodos de abertura

Período ² Híbrido ¹	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	4,20	3,78	3,88	3,70	3,81	3,78	3,77 ^{Bb}	3,84 ^B
2	4,28	3,92	3,79	3,71	3,80	3,80	3,69 ^{Bb}	3,85 ^B
3	4,34	3,91	3,88	3,85	3,99	3,91	3,93 ^{Bb}	3,96 ^B
4	4,27	3,83	3,77	3,76	3,87	3,80	3,74 ^{Bb}	3,86 ^B
5	4,43	4,08	4,12	4,05	4,17	4,37	3,98 ^{Ab}	4,15 ^A
6	4,39	3,83	3,71	3,66	3,74	3,67	3,72 ^{Bb}	3,81 ^B
Média: dos períodos	4,31 ^a	3,89 ^b	3,85 ^b	3,78 ^b	3,88 ^b	3,89 ^b	3,78 ^b	3,92

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, ($p < 0,05$). CV=4,00%.

No dia 56 a variação do pH das silagens dos híbridos foi de 3,69 a 3,98. Variações semelhantes foram obtidas por White et al. (1991) (3,88 a 4,07). Silva (1997) obteve média de 4,16 (sorgo granífero) e de 3,70 (forrageiro e duplo-propósito), Silva (1996), trabalhando com sorgo de porte baixo e médio, obteve 3,77 e 4,04, respectivamente. Araújo (2002) obteve variação de 3,89 a

4,07 com silagem de sorgo no estágio de grão farináceo. Rocha Jr. et al. (2000a) com sorgo de porte baixo, 3,7 a 4,3 e porte alto de 3,5 a 3,8. Esmail et al. (1991) encontraram valor de 4,09 (sorgo no estágio de grão pastoso). Valores inferiores foram obtidos por Nogueira (1995), de 3,67 a 3,72, Corrêa (1996), de 3,55 a 3,66, Silva (1996), com média de 3,54 (sorgo porte alto) e

Guimarães Jr. (2003) com média de 3,62 (silagem de milho).

Valores superiores (4,19 e 4,33) aos do presente trabalho foram relatados por Hart (1990), que trabalhou com sorgo em dois estádios de maturação (grão leitoso-pastoso e farináceo, respectivamente).

Segundo McDonald et al. (1991) o pH estabiliza-se antes dos 10 dias de ensilagem quando existem altos teores de açúcar e baixos de proteína. Os dados da tabela 19 estão concordando com essa afirmativa, pois os pH médios das silagens se apresentam estáveis no terceiro dia de fermentação. Esses resultados são diferentes dos apresentados nos trabalhos de 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.

A grande variabilidade nos resultados da literatura pode ser explicada pelos inúmeros fatores que interferem com o processo fermentativo, como teor de MS, anaerobiose do meio, temperatura ambiente, quantidade de CHOS, capacidade tamponante e os microrganismos predominantes.

Neste experimento, os diversos fatores que podem interferir com a redução do pH da silagem foram bem controlados, pois elas apresentaram valores de pH que variaram de 3,69 a 3,98, com 56 dias de fermentação. Esses dados são considerados adequados, pois estão no intervalo de 3,6 a 4,2 (McDonald et al., 1991). De acordo com Paiva (1976) as silagens dos híbridos 1; 2; 4 e 6, tiveram um padrão muito bom de fermentação, pois o pH é inferior a 3,8. Já as silagens dos cultivares 3 e 5 foram consideradas como de bom padrão de fermentação, pois o pH variou entre 3,8 e 4,2.

5.3.3. Nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 19 estão os valores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT). Quando comparados no dia 56 de abertura, o híbrido 3 foi estatisticamente superior aos outros, com 6,23%, enquanto que o 6 foi inferior com apenas 2,23%. Já os híbridos 1, 2, 4 e 5 apresentaram valores intermediários entre o 3 e o 6, e não foram diferentes entre eles (5,0%; 3,3%; 5,04% e 5,59%, respectivamente).

Tabela 19. Teores de nitrogênio (mg%) amoniacal em relação ao nitrogênio total (NH₃/NT) das silagens dos híbridos em diferentes tempos de abertura

Período ² Híbrido ¹	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	2,50	3,25	2,65	3,02	3,11	3,66	5,00 ^{Ba}	3,31 ^B
2	2,17	2,48	2,58	2,87	3,00	2,91	3,30 ^{Ba}	2,75 ^B
3	3,14	4,71	5,30	4,97	6,24	5,64	6,23 ^{Aa}	5,02 ^A
4	2,82	4,51	4,89	4,51	4,54	4,56	5,04 ^{ABa}	4,26 ^{AB}
5	2,57	2,94	3,59	3,33	3,46	3,55	5,59 ^{ABa}	3,57 ^{AB}
6	1,13	1,17	1,39	1,35	1,27	1,36	2,23 ^{Ca}	1,41 ^C
Média: dos períodos	2,38 ^b	3,17 ^{ab}	3,39 ^{ab}	3,33 ^{ab}	3,60 ^{ab}	3,61 ^{ab}	4,56 ^a	3,44

Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente. (entre híbridos)

Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente. (entre períodos).

Teste SNK, (p<0,05), CV=47,91%.

Neste experimento as silagens apresentaram no dia 56 de abertura variação de 2,23% a 6,23% N-NH₃/NT, com média dos híbridos de 4,56%. Valores semelhantes 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), valor médio de 5,0%, Araújo (2002), de 5,29% e Maia (2001), de 5,54%. Desses, apenas o último trabalhava com silagem de milho, os demais de sorgo. No entanto, valores inferiores ao do presente trabalho foram obtidos por Nogueira (1995) (1,5% a 2,18%) e Bernardino (1996) (1,71% a 2,09%), que trabalharam com sorgo aos 56 dias ensilagem.

De acordo com Oshima e McDonald (1978), AFRC (1987) e Henderson (1993), para que uma silagem seja considerada de boa qualidade os níveis de N-NH₃/NT devem variar no máximo de 8 a 11%. Dessa forma, todas as silagens avaliadas nesse experimento podem ser consideradas como tendo um bom padrão de fermentação e classificadas como de muito boa qualidade, ou seja, parece que ocorreu pequena proteólise e deaminação de aminoácidos na silagem. Concordando com Van Soest (1994), que afirmou que as silagens de boa qualidade são baixas em amônia e os aminoácidos constituem a maior parte da fração nitrogenada não-protéica.

No presente experimento foi encontrada correlação negativa entre o teor de MS e conteúdo de N-NH₃/NT ($r = -0,31$, $p < 0,001$). O mesmo foi observado por Silva (1997) ($r = -0,25$, $p < 0,05$), que obteve menor porcentagem N-NH₃/NT (4,76) para o tratamento que só tinha panícula (com maior teor de MS = 49,40%) do que o de folha+colmo (6,78) (com menor teor de MS = 19,40%). Isso significa que quanto menor for o teor de MS da forrageira ensilada, mais rápida tem que ser a queda do

pH para que a hidrólise enzimática das proteínas seja inibida, evitando que os teores de NH₃/NT da silagem não se elevem (McDonald et al., 1991).

5.3.4. Teores de ácido láctico das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 20 estão presentes os dados sobre ácido láctico das silagens. Todos os híbridos produziram quantidades semelhantes e suficientes deste para uma boa conservação da forrageira, sendo que a concentração média dos híbridos nos diferentes dias de ensilagem era de 4,64 mg%. Com 56 dias de fermentação, o híbrido 4 teve valor de ácido láctico superior aos demais, com 7,07 mg% na MS. Já o cultivar 5 obteve valor inferior, com 4,91mg%. Os híbridos 1; 2; 3 e 6 apresentaram valores (6,95; 6,04; 5,53 e 6,4 mg% na MS, respectivamente) intermediários aos dois citados anteriormente.

Resultados semelhantes foram obtidos no experimento de Araújo (2002), com variação de 6,43% a 8,32% (estádio farináceo-72 dias de ensilagem), Guimarães Jr (2003), de 5,12% a 7,95% (milheto-56 dias de ensilagem), Rocha Jr. et al. (2000a), de 2,8 a 8,5% na MS (sorgo-56 dias), Maia (2001), de 4,24% a 5,66% (silagem de milho-56 dias) e Esmail et al. (1991) com média de 5,52%. Já Nogueira (1995), obteve valores superiores para o mesmo período (8,59% a 10,02 mg%) quando comparados com os resultados da tabela 20. Enquanto que Hart (1990) obteve valores inferiores (3,7% e 3,1 mg%, grão leitoso-pastoso e farináceo, respectivamente-60 dias de ensilagem) ao do presente trabalho.

Existe uma grande variabilidade entre os valores deste experimento com os obtidos em outros trabalhos, em decorrência da sua própria natureza. O ácido láctico é um produto resultante de fermentação que sofre influência de diversos fatores, como: teor de MS, CHOS, condições de anaerobiose,

microflora presente, capacidade tamponante da forrageira e os produtos originados da fermentação.

bactérias se mostravam ativas, pois, a grande parte do ácido láctico presente nas silagens já tinha sido produzida.

Outra característica importante presente na tabela 20 é que já no primeiro dia as

Tabela 20. Teores de ácido láctico (mg%) das silagens dos híbridos nos diferentes períodos de abertura

Período ² Híbrido ¹	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos híbridos
1	3,72	4,65	3,91	5,25	4,22	5,55	6,95 ^{ABa}	4,89 ^{AB}
2	5,77	3,89	3,78	4,98	5,01	5,37	6,04 ^{ABa}	4,97 ^{AB}
3	3,97	3,39	5,33	4,85	3,91	5,30	5,53 ^{ABa}	4,61 ^{AB}
4	4,67	3,81	6,92	5,12	5,64	5,73	7,07 ^{Aa}	5,57 ^A
5	2,66	2,58	3,75	2,86	3,80	3,07	4,91 ^{Ca}	3,37 ^C
6	2,22	3,27	5,43	3,85	4,58	5,12	6,40 ^{Ba}	4,41 ^B
Média: dos períodos	3,83 ^{cd}	3,60 ^d	4,85 ^{bc}	4,48 ^{bcd}	4,53 ^{bcd}	5,02 ^b	6,15 ^a	4,64

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, (p<0,05). CV=20,78%

A presença do ácido láctico está ligada à queda do pH. Neste experimento a correlação entre esses dois parâmetros foi negativa ($r=-0,53$, $p<0,001$). Resultados semelhantes foram obtidos por Borges (1995) ($r=-0,38$, $p<0,05$), Araújo (2002) ($r=-0,54$, $p<0,05$) e Maia (2001) ($r=-0,59$, $p<0,05$). Esses dados confirmam a importância da presença desse ácido para que a silagem possua um adequado valor de pH.

5.3.5. Teores de ácido acético das silagens dos híbridos de sorgo

Os teores de ácido acético estão presentes na tabela 21. No P7 (56 dias de fermentação) a silagem do híbrido 6 (0,32mg% na MS) teve valor estatisticamente inferior ($p<0,05$) aos dos cultivares 1; 2; 3; 4 e 5 (0,36%; 0,35%; 0,41%; 0,37% e 0,48mg% na MS, respectivamente).

Valores superiores foram encontrados no experimento de Nogueira (1995) com variação de 1,16% a 1,54 mg%, Hart (1990),

de 1,31% e 0,89 mg% (dois estádios de maturação: grão leitoso-pastoso e farináceo, respectivamente), Rocha Jr. et al. (2000a), de 1,2% a 1,9%, Araújo (2002), de 0,75% a 1,01 % (sorgo estágio farináceo), Maia (2001), de 0,57% a 1,2% (silagem de milho-56 dias) e Guimarães Jr (2003), que obteve média de 1,0% aos 56 dias com silagem de milho e Esmail et al. (1991) que encontrou média de 1,4%. No entanto, Araújo (2002) cita que a existência de alta correlação entre a concentração de lactato e acetato pode significar que o acetato da silagem possivelmente foi produzido a partir de fermentações lácticas e não de fermentações secundárias, esse autor obteve correlação positiva e significativa ($r=0,63$; $p<0,05$). Essa foi superior ao do presente trabalho, que foi de $r=0,41$ ($p<0,001$).

A presença de ácido acético na silagem está ligada à fermentação heterolática. Esta é de menor eficiência energética que a homolática. No entanto, o ácido acético contribui, em pequena escala, para que o pH do meio apresente um valor adequado. De acordo com Nogueira (1995), a silagem para

ser considera de muito boa qualidade precisa apresentar menos que 2,0 mg% de ácido acético, e como está na tabela 21, nenhum dos híbridos apresentaram valor superior a 0,50 mg % com 56 dias de ensilagem. Com isso, as silagens são classificadas como tendo um padrão de fermentação muito bom. Nesse período a oscilação foi de 0,32% a 0,48 mg %.

No presente trabalho o teor de ácido acético teve correlação positiva com o teor de

nitrogênio amoniacal ($r=0,54$) ($p<0,0001$) e com ácido butírico ($r=0,27$) ($p<0,003$) e negativa com o teor de MS ($r=-0,24$) ($p<0,009$) e CHOS ($r=-0,29$) ($p<0,001$). Isso mostra que em silagens com teores de MS e CHOS adequados, os níveis de nitrogênio amoniacal, ácido acético e butírico são bem baixos. Esses resultados estão semelhantes ao de Maia (2001), que trabalhou com silagem de milho.

Tabela 21. Teores de ácido acético (mg%) das silagens dos híbridos nos diferentes períodos de abertura

Período ² Híbrido ¹	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos Híbridos*
1	0,24	0,26	0,23	0,35	0,31	0,32	0,36 ^{Aa}	0,29 ^A
2	0,27	0,24	0,22	0,33	0,34	0,32	0,35 ^{Aa}	0,29 ^A
3	0,29	0,18	0,30	0,37	0,30	0,29	0,41 ^{Aa}	0,30 ^A
4	0,20	0,37	0,31	0,37	0,36	0,26	0,37 ^{Aa}	0,32 ^A
5	0,20	0,21	0,30	0,33	0,37	0,23	0,48 ^{Aa}	0,30 ^A
6	0,17	0,13	0,21	0,28	0,24	0,20	0,32 ^{Ba}	0,22 ^B
Média: dos períodos*	0,23 ^c	0,23 ^c	0,26 ^{bc}	0,34 ^a	0,32 ^{ab}	0,27 ^{bc}	0,38 ^a	0,29

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, ($p<0,05$). CV=55,47%

*Distribuição das médias dos híbridos e períodos utilizando-se da transformação arco-seno das concentrações para as comparações estatísticas.

5.3.6. Teores de ácido propiônico das silagens dos híbridos de sorgo

Na tabela 22 estão os dados de ácido propiônico. No dia 56 houve variação de 0,04% a 0,21%. Valores semelhantes são citados por Rocha Jr. et al. (2000a) que obtiveram variação de 0,0% a 0,36%, para o mesmo período. Borges (1995) obteve variação de 0,013% a 0,025%.

Como pode ser visto pelas médias dos híbridos nos períodos há uma tendência de estabilidade a partir do terceiro dia, com 0,06%, alcançando valor máximo aos 56 dias com 0,11%. Baixos valores desse ácido são esperados em silagens que possuem boas

condições de fermentação, o que pode ser visto na tabela 22, onde a variação, considerando todos os períodos, foi de 0,00% a 0,21% mg na MS.

No entanto, a sua presença tem se revelado essencial para manter a estabilidade aeróbica da silagem, pois, ele possui ação antimicótica, apesar de sua pouca importância para a queda de pH. Esse ácido é resultante da ação de bactérias ácido-propionicas, em condições de anaerobiose. E secundariamente, pela ação de Clostrídios. A ação desse ácido depende do baixo pH do meio e de uma quantidade mínima na forma não dissociada (Merry e Davies, 1999).

Nesse experimento houve correlação positiva entre os ácidos propiônico e acético ($r=0,61$, $p<0,0001$). Resultado semelhante foi encontrado por Borges (1995) ($r=0,68$; $p<0,05$). Essa correlação positiva entre os

dois ácidos significa que a sua produção está ligada a presença de bactérias ácido-propionicas na silagem (Merry e Davies, 1999).

Tabela 22. Teores de ácido propiônico (mg%) das silagens dos híbridos nos diferentes períodos de abertura

Período ² Híbrido ¹	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média dos Híbridos*
1	0,05	0,00	0,00	0,05	0,07	0,05	0,04	0,03
2	0,05	0,04	0,03	0,09	0,08	0,10	0,07	0,06
3	0,04	0,00	0,07	0,21	0,18	0,07	0,14	0,10
4	0,00	0,28	0,03	0,07	0,06	0,06	0,09	0,08
5	0,00	0,04	0,07	0,14	0,08	0,07	0,21	0,08
6	0,00	0,00	0,02	0,09	0,05	0,05	0,09	0,04
Média: dos períodos*	0,02 ^c	0,06 ^{bc}	0,03 ^{abc}	0,11 ^a	0,08 ^{ab}	0,07 ^{abc}	0,11 ^{abc}	0,07

¹Letras maiúsculas repetidas em uma mesma coluna não diferem estatisticamente (entre híbridos).

²Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente (entre períodos).

Teste SNK, ($p<0,05$). CV=82,99%

*Distribuição das médias dos híbridos e períodos utilizando-se da transformação arco-seno das concentrações para as comparações estatísticas.

5.3.7. Teores de ácido butírico das silagens dos híbridos de sorgo

No presente trabalho, as silagens, quando apresentavam, tinham apenas traços deste ácido. Com 56 dias de fermentação, a variação encontrada foi de 0,0% a 0,09%. Dados similares foram encontrados por Rocha Jr. et al. (2000a), de 0,0% a 0,34%, por Borges (1995), de 0,0071% a 0,012%, por Araújo (2002), de 0,003% a 0,1% e Guimarães Jr (2003), de 0,01% a 0,30%. Desses, apenas o último não trabalhou com sorgo, e sim, com milheto, todos com aproximadamente 56 dias de fermentação.

A presença do ácido butírico está ligada a grandes perdas de MS e energia, que são resultantes principalmente da ação dos Clostrídia. Estes se multiplicam quando encontram ambiente propício, como baixo teor de MS, baixo CHOS e alta capacidade tampicante da forragem. O que se deseja é

que as silagens não possuam esse tipo de ácido.

Neste experimento foi encontrada correlação positiva entre a produção de acético e butírico ($r=0,27$; $p<0,05$). Resultado semelhante ocorreu no experimento de Borges (1995) ($r=0,81$; $p<0,05$). Essa correlação positiva entre os dois ácidos significa que a sua produção está ligada à presença de Clostrídia na silagem (Merry e Davies, 1999).

5.4. Classificação das silagens dos híbridos de sorgo

Os parâmetros utilizados para a classificação das silagens estão presentes na tabela 1. E na tabela 23 estão presentes os dados das silagens aos 56 dias de fermentação (P7), que foram utilizados para a classificação das silagens de sorgo. Como explicado no material e métodos, os híbridos 1 e 2 são as testemunhas, e

correspondem respectivamente ao BRS610 e o Volumax.

Tabela 23. Teores de Matéria Seca (MS), pH, nitrogênio amoniacal N-NH₃ (%NT), digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), ac. láctico (mg%), ac. acético (mg%) e ac. butírico (mg%), obtidos aos 56 dias de ensilagem

Híbrido ¹	Matéria Seca (%)	pH	N-NH ₃ (% NT)	DIVMS (%)	Ac. Láctico (mg%)	Ac. Acético (mg%)	Ac. Butírico (mg%)
1	28,42	3,77	5,00	59,18	6,95	0,36	0,00
2	31,92	3,69	3,30	57,73	6,04	0,35	0,01
3	28,80	3,93	6,23	55,95	5,53	0,41	0,01
4	28,52	3,74	5,04	57,40	7,07	0,37	0,01
5	28,43	3,98	5,59	54,63	4,91	0,48	0,09
6	29,05	3,72	2,23	51,50	6,40	0,32	0,01

Na tabela 24 estão as classificações obtidas pelas silagens de acordo com os parâmetros citados na tabela 1.

Tabela 24. Classificação das silagens

Híbrido ¹	Matéria Seca (%)	pH	N-NH ₃ (% NT)	DIVMS (%)	Ac. Láctico (mg%)	Ac. Acético (mg%)	Ac. Butírico (mg%)
1	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa
2	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa
3	Boa	Boa	Muito Boa	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa
4	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa
5	Boa	Boa	Muito Boa	Média	Boa	Muito Boa	Muito Boa
6	Boa	Muito Boa	Muito Boa	Média	Muito Boa	Muito Boa	Muito Boa

Para a Matéria Seca, apenas a silagem do híbrido 2 (Volumax) foi classificada como sendo de muito boa qualidade, e as demais como de boa qualidade.

Quando o critério foi o valor de pH, os genótipos 1; 2; 4 e 6 são classificados como de muito boa qualidade, enquanto que o 3 e 5 são classificados como de boa qualidade.

Para o parâmetro N-NH₃ (%NT), todos os materiais (as testemunhas e os desenvolvidos pela EMBRAPA) apresentaram valores inferiores a 10%, e foram classificados como de muito boa qualidade.

Com respeito à DIVMS, os híbridos 5 e 6 foram classificados como de média qualidade, enquanto que os outros foram classificados como de boa qualidade. Ou seja, os valores de DIVMS dos híbridos 1 e

2 (que são as testemunhas) e do 3 e 4 (que foram desenvolvidos pela EMBRAPA) estavam no intervalo de 55% a 65% na MS.

Quando o referencial é o teor de ácido láctico, a exceção foi o híbrido 5, que apresentou teor inferior a 5,0 mg%. E assim, ele foi classificado como de boa qualidade. Os demais foram caracterizados como de muito boa qualidade.

Com respeito aos teores de ácido acético e butírico, todas as silagens se classificaram como de muito boa qualidade, pois obtiveram valores inferiores a 2,0 mg% a e 0,1 mg%, para os respectivos ácidos.

6. CONCLUSÕES

De modo geral os híbridos de sorgo apresentaram bom padrão de fermentação e qualidade da silagem. Eles obtiveram boa classificação, que variou de boa a muito boa, quanto aos parâmetros (MS; pH; DIVMS; AC. LÁTICO; AC. ACÉTICO; AC. PROIÔNICO e AC. BUTÍRICO) que foram utilizados para a classificação das silagens.

Com respeito aos dados agrônômicos, o destaque foi o híbrido 2 (Volumax) que apresentou maior produção de matéria seca e matéria seca digestível por hectare, quando comparado com os demais híbridos.

Os nutrientes dos híbridos em estudo se mostraram estáveis diante do processo de ensilagem. Com isso, todos os materiais se mostraram promissores para a confecção de silagens, pois apresentaram, além do bom perfil de fermentação, quantidades adequadas das frações dos carboidratos estruturais (FDN, FDA, Cel, Hcel), bons valores de PB, com baixos teores de lignina.

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.

ANTUNES, F. Z. Exigências climáticas da cultura do sorgo. *Informe agropecuário*. v. 56, n. 5, 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.

BAILEY, R. W. Quantitative studies of ruminant digestion. II. Los of ingested plant carbohydrates from the reticulo rumen. *New Zealand J. Agric. Res.* v. 10, n. 1, p. 15– 32, 1967.

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 híbridos 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 híbridos 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).

BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; NOGUEIRA, F. S. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. II. Alterações dos carboidratos durante a fermentação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 51, n.5, p. 491– 497, 1999.

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.

CAI Y.; BENNO, Y.; OGAWA, M.; KUMAI, S. Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. *J. Dairy Sci.*, v. 82, n. 3, p. 520- 526, 1999.

CÂNDIDO, M. J. D. Qualidade e valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de recomendação de adubação. Viçosa: UFV, 2000. 57p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia).

CARPINTEIRO, C.M; HENDERSON, A. R.; MCDONALD, P. The effect of some pre- treatments on proteolysis during the ensiling of herbage. *Grass and Forage Science.*, v. 34, n. 4, p. 311- 315, 1979.

CARVALHO, D. D.; ANDRADE, J. B.; BIONDI, P.; JUNQUEIRA, G. G. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. I- Produção de matéria seca e da proteína bruta. *B. Indústria Anim.*, v. 49, n.12 p. 91- 99, 1992.

CHIELLE, Z. G.; TOMAZZI, D. J.; RAUPP, A. A. A.; et al. Ensaio sulriograndense de sorgo silageiro 1998/1999 avaliação dos resultados da rede estadual. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 44, REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 27; 1999. Porto Alegre . *Anais...* Porto Alegre: FEPAGRO, 1999. p. 143- 150.

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 híbridos 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.

DANLEY, M. M.; VETTER, R. L. Changes in carbohydrate and nitrogen fractions and digestibility of forages: maturity and ensiling. *J. Anim. Sci.*, v. 37, n. 4, p. 994- 999, 1973.

DAVIES, D. R.; MERRY, R. J.; WILLIAMS, A. P.; et al. Proteolysis during ensilage of forages varying in soluble sugar content. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 4, p. 444- 453, 1998.

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.

FAIRBAIRN, R. L.; ALLI, L.; PHILLIP, L. E. Proteolysis and amino acid degradation during ensilage of untreated or formic acid-treated Lucerne and maize. *Grass and Forage Sc.*, v. 47, n. 1- 2, p. 382- 390, 1992.

FARRA, L. D.; DUFLOTH, J. H.; ROCHA, R.; LAJÚS, C. A. Competição de cultivares de sorgo para ensilagem no litoral sul catarinense. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 44, REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 27; 1999. Porto Alegre . *Anais...* Porto Alegre: FEPAGRO, 1999. p. 126- 130.

- FERNANDES, F. T. Doenças do sorgo. *Informe agropecuário*. v. 56, n. 5, p. 35-41, 1979.
- FRANSEN, S. C.; STRUBI, F. J. Relationships among absorbents on the reduction of grass silage effluent and silage quality. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 9, p. 2633-2644, 1998.
- GENRO, T. C. M.; QUADROS, F. L. F.; COELHO, L. G. M.; FILHO, R. C. C. Produção e qualidade de silagens de híbridos de milho (*Zea mays*) e de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*). *Ciencia rural*, v. 25, n.3, p. 461-464, 1995.
- GIVENS, D. I.; MOSS, A. R.; ADAMSON, A. H. The digestibility and energy value of badly preserved grass silages. *Animal Feed Sci. Technology*, v. 42, n. 1-2, p. 97-107, 1993.
- GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. Tópicos de forragicultura tropical. Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG. p. 118, 1997.
- GORDON, C. H. Storage losses in silage as affected by moisture content and structure. *J. Dairy Sci.*, v. 50, n. 3, p. 397-403, 1967.
- 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. A review of agronomic factors influencing grass silage effluent production in England and Wales. *J. agric. Engng Res.*, v. 57, n. 2, p. 73-87, 1994.
- 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, A. R.; McDONALD, P. The effect delayed sealing on fermentation and losses during ensilage. *J. Sci. Food. Agric.*, v. 26, n. 5, p. 653-667, 1975.
- 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).
- JOHNSON, L. M.; HARRISON, J. L.; DAVIDSON, D.; et al. Corn silage management I: effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J. Dairy Sci.*, v. 85, n. 4, p. 833-853, 2002.
- JONES, B. A.; HATFIELD, R. D.; MUCK, R. E. Effect of fermentation and bacterial inoculation on Lucerne cell walls. *J. Sci. Food. Agric.*, v. 60, n. 2, p. 147-153, 1992.
- JONES, B. A.; HATFIELD, R. D.; MUCK, R. E. Characterization of proteolysis in alfafa and red clover. *Crop Sci.*, v. 35, n. 2, p. 537-541, 1995.
- JUNG, H. J. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agronomy J.*, v. 81, n. 1, p. 33-37, 1989.
- KUNG, L.; TUNG, JR. R. S.; MACIOROWSKI, K. G.; et al. Effects of plant cell-wall-degrading enzymes and lactic acid bacteria on silage fermentation and composition. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 12, p. 4284-4296, 1991.
- LÁJUS, C. A.; ROCHA, R.; MIRANDA, M. Competição de cultivares de sorgo para

- ensilagem no oeste catarinense. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 44, REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 27; 1999. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: FEPAGRO, 1999. p. 121– 125.
- LANGSTON, C. W.; WISEMAN, H. G.; GORGON, C. H.; et al. A chemical and bacteriological changes in grass silage during the early stages of fermentation. I. Chemical changes. *J. Dairy Sci.*, v. 45, n. 3, p. 396– 402, 1962.
- LEIBENSPERGER, R. Y.; PITT, R. E. A model of clostridial dominance in ensilage. *Grass and Forage Science.*, v. 42, n. 3, p. 297- 318, 1987.
- 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).
- MCCORMICK, M. E.; MORRIS, D. R.; ACKERSON, B. A.; BLOUIN, D. C. Ratoon cropping forage sorghum for silage: yield, fermentation, and nutrition. *Agronomy J.*, v. 87, n. 5, p. 952– 957, 1995.
- 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.
- 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.
- MEESKE, R.; BASSON, H. M. The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 70, n. 3, p. 239– 248, 1998.
- MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.boidecorte.com.br/home.htm>. Disponibilizado em Setembro de 2004
- 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.
- 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.
- MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.*, v. 71, n. 11, p. 2992– 3002, 1988.
- MUCK, R. E. KIELY, P, O. Aerobic deterioration of Lucerne (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mais*) silages- effects of fermentation products. *J. Sci. Food Agric.*, v. 59, n. 1, p. 145– 149, 1992.
- MUCK, R. E. ; SPOELSTRA, S. R.; WIKSELAAR, P. G. Effects of carbon dioxide on fermentation and aerobic stability of maize silage. *J. Sci. Food Agric.*, v. 59, n. 3, p. 405– 412, 1992.
- 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 híbridos 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).

NÖENBERG, 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 híbridos 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 forrage quality. In: HACKER, J. B. (ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p. 89- 110.

NSEREKO, V. L.; ROOKE, J. A.; NEWBOLD, C. J.; WALLACE, R. J. Influence of protease inhibitors on nitrogen distribution in ensiled perennial ryegrass and utilization of silage nitrogen for growth by rumen bacteria in vitro. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 76, n. 1- 2, p. 51– 63, 1998.

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.

NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic., 2001, 157 p.

OJEDA, F. Valor nutritivo de forrajes tropicales conservados com ensilagens.

Pastos y Forrajes, v. 11, n. 3, p. 199- 205, 1988.

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.

OSTLING, C.; LINDGREN, S. Influences of enterobacteria on the fermentation and aerobic stability of grass silages. *Grass and Forage Science.*, v. 50, n. 1, p. 41- 47, 1995.

PAIVA, J. A. J. Qualidade da região metalúrgica de Minas Gerais. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1976, 83p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia).

PATTERSON, D. C.; YAN, T.; GORDON, F. J.; KILPATRICK, D. J. Effects of bacterial inoculation of unwilted and wilted grass silages. 2. Intake, performance and eating behavior by dairy cattle. *J. Agric. Sci. Camb.*, v. 131, n. 1, p. 113– 119, 1998.

PEDROSO, A. F. Silagem: princípios básicos, produção e manejo. In: CURSO: PRODUÇÃO E MANEJO DE SILAGEM. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1998. p. 11- 40.

PEREIRA, O. D.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, A. C. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays L.*) e de três híbridos 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.
- PITT, R. E.; MUCK, R. E. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. *J. Agric. Engng. Res.*, v. 55, n. 1, p. 11– 26, 1993.
- PIZARRO, E. A.; ANDRADE, N. S. Momento de colheita em uma cultura de milho para silagem. *Informe agropecuário.* v. 47, n. 4, p. 9- 11, 1978.
- PIZARRO, E. A. Alguns fatores que afetam o valor nutritivo da silagem de sorgo. *Informe agropecuário.* v. 47, n. 4, p. 12- 19, 1978.
- RAMMER, C.; OSTLING, C.; LINGVALL, P.; LINDGREN, S. Ensiling of manured crops- effects on fermentation. *Grass and Forage Science.*, v. 49, n. 3, p. 343- 351, 1994.
- RANBLY, A, T. Quality of silage and silage effluent as influenced by storage of effluent in tower silos. *Acta Agric. Scand.* v. 47, n. 1, p. 9- 19, 1997.
- REYNOLDS, A. M.; WILLIAMS, A. G. A model of silage consolidation and effluent flow. *J. Agric. Engng. Res.*, v. 61, n. 3, p. 173– 182, 1995.
- RESENDE, J. A. Características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de cultivares de sorgo. Lavras: UFLA, 2001. 53p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecina).
- 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 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).
- 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.
- SILVA, B. G.; COELHO, A. M.; SILVA, A. F. et al. Sistema de produção de milho e sorgo para silagem. *Informe agropecuário.* v. 47, n. 4, p. 3- 4, 1978.
- 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 híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folha/panícula. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1997. 94p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia).
- SINGH, A. P.; PANDITA, N. N. Studies on fermentation of Sorghum silage during storage- effect of urea and molasses. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 3, n. 2, p. 299– 307, 1978.
- SINGH, A. P.; PANDITA, N. N. Studies on fermentation of Sorghum silage during storage, and its effect on milch animals. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 9, n. 4, p. 143– 148, 1983.

- STEFANIE, J. W. H.; ELFERINK, O.; DRIEHUIS, F.; et al. Silage fermentation processes and their manipulation. [On line]. Disponível na internet via WWW.URL: <http://www.Fao.org/agp/agpc/silage/home.htm>. Disponibilizado em 1999.
- TEIXEIRA, J. C.; ANDRADE, G. A. Carboidratos na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, II.; 2001. Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p. 165– 210.
- 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.
- TJANDRAATMADJA, M.; MACRAE, I. C.; NORTON, B. W. Intake and digestibility of sorghum silage by goats. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 41, n. 3, p. 171– 179, 1993.
- TORRECILLAS, M. G. Rendimiento y calidad de forraje en híbridos de sorgo granífero en respuesta a diferentes fechas y densidades de siembra. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, v. 21, n. 3-4, p. 171– 179, 2001.
- 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.
- VILELA, D. Aditivos para silagens de plantas de clima tropical. In: SIMPÓSIO SOBRE ADITIVOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, I. 1998. Botucatu. *Anais...* Botucatu: XXXV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 73– 108.
- WEINBERG, Z. G.; MUCK, R. E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology. Reviews.*, v. 19, n. 3, p. 53– 68, 1996.
- 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.
- WILKINSON, J. M. Silages made from tropical and temperate crops. 1. The ensiling process and its influence on feed value. *World Animal Review.* v 45, n. 46, p. 36- 42, 1983.
- WOOLFORD, M. K.; WILKIE, A. C. Investigations into the role of specific microorganisms in the aerobic deterioration of maize silage. *J. Agric. Sci. Camb.*, v. 102, n. 1, p. 97– 104, 1984.
- WOOLFORD, M. K. The chemistry of silage. p. 72- 118. In: Laskin, A. K.; Mateles, R. I. Mateles (ed) Silage fermentation. Marcel Dekker, New York, 1984.
- XICCATO, G.; CINETTO, M.; CARAZZOLO, A.; COSSU, A. E. The effect of silo type and dry matter content on the maize silage fermentation process and ensiling loss. *Animal Feed Sci. Technology.*, v. 49, n. 3- 4, p. 311– 323, 1994.
- 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, 1991. p. 169- 215.
- ZAGO, C. P. Utilização de sorgo na alimentação de ruminantes. In: MANEJO

CULTURAL DO SORGO PARA
FORRAGEM. *Circular Técnica*,
EMBRAPA/CNPMS, n. 17, p. 9- 26, 1992.

ZAGO, C. P. Silagem do sorgo. In:
SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE
BOVINOS, ALIMENTAÇÃO
SUPLEMENTAR, VII., *Anais...*
Piracicaba, FEALQ, 1999. p. 47- 68.