



**Universidade Estadual de Montes Claros  
Centro de Ciências Exatas – CCE  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VALOR  
NUTRICIONAL DAS SILAGENS DE CINCO  
GENÓTIPOS DE SORGO CULTIVADOS NO INVERNO.**

**GERALDO MAGELA DE REZENDE**

**2010**

**GERALDO MAGELA DE REZENDE**

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VALOR  
NUTRICIONAL DAS SILAGENS DE CINCO  
GENÓTIPOS DE SORGO CULTIVADOS NO INVERNO.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires**

**JANAÚBA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010**

R467c Rezende, Geraldo Magela de.  
Características agronômicas e valor nutricional das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno [manuscrito] / Geraldo Magela de Rezende. – 2010.

92 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros- Unimontes, 2010.

Orientador: Prof. D. Sc. Daniel Ananias de Assis Pires.

1. Características agronômicas. 2. Silagens. 3. Sorgo. 4. Valor nutricional. I. Pires, Daniel Ananias de Assis. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.62

**GERALDO MAGELA DE REZENDE**

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VALOR NUTRICIONAL DAS  
SILAGENS DE CINCO GENÓTIPOS DE SORGO CULTIVADOS NO  
INVERNO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre”.

**APRESENTADA em 08 de março de 2010.**

Prof<sup>ª</sup>. DSc. Eleuza Claret Junqueira de Sales - UNIMONTES

Prof. DSc. Dorismar David Alves - UNIMONTES

Prof. DSc. Diogo Gonzaga Jayme - UFMG.

**Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires  
UNIMONTES  
(Orientador)**

]

**UNIMONTES  
MINAS GERAIS – BRASIL**

*À minha mãe, Maria Morais Lemos de Rezende (in memoriam), meu pai, Estevão Dionísio de Rezende (in memoriam) aos irmãos, Washington Rezende, Maurílio Eustáquio de Rezende, Antônio do Sagrado Coração de Rezende, Renê William de Rezende e, especialmente, à minha irmã Vera Paixão de Rezende. Também à minha esposa, Marizabete Oliveira Prates Rezende, e meus filhos, Gabriella, Marcella e Geraldo Augusto, pelo amor, carinho, apoio, amizade e compreensão...*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de misericórdia, discernimento e sabedoria, que tudo aconteça por vossa divina e suprema vontade para imensidão de sua glória, por mais esta vitória!

Ao Gerente Regional da Emater-MG, Valmisoney Moreira Jardim, por sempre ter acreditado em mim e, principalmente, por ter me incentivado a fazer este curso.

Ao Diretor Técnico da Emater-MG, José Ricardo Ramos Rosseno, que desatou as amarras burocráticas viabilizando a minha participação nesta Pós-Graduação.

Aos meus colegas do Escritório Local da Emater-MG de Janaúba, pela colaboração e incentivo.

Ao professor DSc. Daniel Ananias de Assis Pires, pela orientação, pelos ensinamentos, apoio e amizade.

À UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS, minha segunda casa, por mais uma vez me receber, em especial ao Diretor do Centro de Ciências Exatas, Prof. DSc. Marlon Cristian Toledo Pereira, bem como o Coordenador do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Professor DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior.

Aos demais membros da banca examinadora: DSc. Eleuza Claret Junqueira de Sales, DSc. Dorismar David Alves e DSc. Diogo Gonzaga Jayme, pela disponibilidade para a avaliação deste trabalho.

A todos os professores do curso de Pós-graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos e também pela amizade.

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

Finalmente, aos colegas do mestrado, especialmente a Poliana Rocha Fraga Botelho, pelo apoio, companheirismo e presença nos momentos mais difíceis do curso.

Muito obrigado.

## **BIOGRAFIA**

Geraldo Magela de Rezende é natural de Medeiros-MG, onde nasceu em 1957. Técnico em Agropecuária pelo Colégio Agrícola de Bambuí, Bacharel em Direito pela Antiga Fadir em Montes Claros, Engenheiro Agrônomo e Mestre em Zootecnia pela Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes - Campus Janaúba. Há 30 residindo em Porteirinha MG. Exerce as atividades de produtor rural há 28 anos e extensionista da EMATER-MG há 15 anos, nas quais sempre tem pautado suas ações na convivência com a seca. Ecologista convicto, não usa nem prescreve tecnologias estressantes, poluentes, escravizantes e fragilizadoras. Não vê o Semiárido como problema e sim como solução identificando suas potencialidades e tirando dele racionalmente o necessário para a sobrevivência sem levar à exaustão dos seus recursos naturais e comprometer a permanência das gerações futuras. Há 17 anos pesquisa e adota em sua propriedade o Sistema de Pastejo Rotacionado em Sequeiro tendo como princípios o respeito à fisiologia das pastagens e o comportamento animal.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	i
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ii
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	iii
<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>1- INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2- REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	3
2.1- A Cultura do Sorgo .....	3
2.2 –Produção de Massa Seca.....	6
2.3 –Densidade populacional.....	8
2.4 – Proporção de Folhas, Panículas e Colmos.....	10
2.5 - Fatores Edafoclimáticos .....	12
2.6 - Cultivo de Sorgo no Inverno.....	16
2.7 –Época de Colheita .....	17
2.8 –Valor Nutricional e qualidade da Silagem.....	21
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	29
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
4.1- Características Agronômicas .....	34
4.2- Características Nutricionais.....	43
4.3 - Características de Silagem... <b>Erro! Indicador não definido</b> .....	52
<b>5 - CONCLUSÕES</b> .....	60
<b>6 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS

ALT - Altura;

CAL - Colmo;

CEL - Celulose;

DIVMS - Digestibilidade *in vitro* da matéria seca;

FDN - Fibra em detergente neutro;

FDA - Fibra em detergente ácido;

FOL - Folha;

HCEL - Hemicelulose;

LGN - Lignina;

MS - Matéria seca;

NH<sub>3</sub>/NT - Nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total;

N°PL/ha - Número de plantas por hectare;

PAN - Panícula;

PB - Proteína bruta;

PMV - Produção de matéria verde;

PMS - Produção de matéria seca;

pH - Potencial hidrogeniônico.

LISTA DE TABELAS	PÁGINA
<p><b>Tabela 1</b> - Número médio de plantas por hectare (Nº Pl. ha<sup>-1</sup>), valores médios de altura em metros, produção de matéria verde (PMV) em toneladas por hectare e produção de matéria seca (PMS) em toneladas por hectare de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno.</p>	<p><b>34.</b></p>
<p><b>Tabela 2</b> - Percentuais médios da relação folha, panícula e colmo de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno com base no peso da matéria verde obtida no momento do corte.</p>	<p><b>39</b></p>
<p><b>Tabela 3</b> – Teores de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Hemicelulose (Hcel.), Celulose (Cel.) e Lignina (Lig.) das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno (dados expressos na matéria seca).</p>	<p><b>43</b></p>
<p><b>Tabela 4</b> - Valores médios de pH, relação nitrogênio amoniacal /nitrogênio total (NH<sub>3</sub>/NT), ácido lático, ácido acético e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno.</p>	<p><b>52</b></p>

LISTA DE QUADROS	PÁGINA
<b>Quadro 1.</b> Caracterização físico-química do solo da área experimental (profundidade: 0 a 20 cm). <sup>1</sup>	<b>30</b>

## RESUMO

REZENDE, Geraldo Magela de. **Características agronômicas e valor nutricional das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno.** 2010. 92 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>1</sup>

O experimento foi realizado na fazenda Experimental da UNIMONTES em Janaúba, Norte de Minas Gerais, com o objetivo de determinar as características agronômicas e nutricionais das Silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. Foram utilizados os materiais Volumax, AG2005E, Qualimax, BRS610 e AG2501. O plantio foi realizado em blocos casualizados no campo, com quatro repetições por genótipo. As características agronômicas foram avaliadas pela contagem do número de plantas por hectare, número de plantas acamadas, número de plantas quebradas, altura da planta e através de pesagem avaliou-se a produção de matéria verde, produção de matéria seca e proporções de caule, folhas e panícula. Após o corte, parte do material foi ensilada. Após a abertura dos silos, as amostras foram pré-secas, moídas e acondicionadas em frascos de vidro para análises de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina pelo método sequencial; pH, NH<sub>3</sub>/NT e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Os valores de N°PI/ha foram superiores no genótipo AG2501 por ser do tipo corte e pastejo. Os valores médios de altura variaram de 1,63 a 2,40 m. Em relação a PMV/ha e PMS/ha, as maiores produções foram observadas nos genótipos BRS610, Volumax e AG2005E. No percentual de folhas o AG2005E superou todos os demais. Quanto ao percentual de panícula os genótipos BRS610, AG2005E, Volumax e Qualimax foram semelhantes,, superando o AG2501. A maior percentagem de colmo foi observada no genótipo AG2501. Os teores de MS foram superiores nos genótipos AG2501, BRS610 e AG2005E. Para os valores de PB da silagem, o AG2005E superou todos os demais. Ao analisar os valores de FDN das silagens, não houve diferença significativa entre os genótipos. Em relação ao FDA das silagens, não houve diferença (p>0,05) entre os genótipos AG2501, Volumax e AG2005E que superou os demais. Ao avaliar os valores de HCEL não houve diferença estatística (p<0,05) entre os genótipos. Para os valores de CEL esses variaram de 25,69 a 28,45. Em relação à LGN, o genótipo BRS610 superou todos os demais. Os valores de pH, NH<sub>3</sub>/NT, ácido lático e ácido acético das silagens foram satisfatórios para um bom perfil

---

<sup>1</sup> **Comitê de Orientação:** Prof. Daniel Ananias de Assis Pires – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Prof. Dorismar David Alves – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador)

de fermentação. As maiores porcentagens de DIVMS das silagens foram encontradas nos genótipos Qualimax, BRS610 e AG2005E que não diferiram entre si e foram superiores aos demais. Os dados foram submetidos às análises de variância por meio do programa SISVAR e as comparações de médias foram feitas de acordo com o teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%. Os genótipos estudados apresentaram boa produção de massa verde e também características agronômicas e valor nutricional adequados à produção de silagens com bom padrão fermentativo quando cultivados no inverno.

## ABSTRACT

REZENDE, Geraldo Magela of. Agronomic characteristics and nutritional value of silages of five sorghum genotypes cultivated in the winter. 2010. 92 p. Dissertation (Master's degree in Animal Science). Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>1</sup>

The experiment was carried out in the Experimental farm of UNIMONTES in Janaúba, North of Minas Gerais, aiming at determining the agronomic and nutritional characteristics of the silages of five sorghum genotypes cultivated in the winter. The used materials were Volumax, AG2005E, Qualimax, BRS610 and AG2501. The planting was accomplished in blocks at random in the field, with four repetitions for genotype. The agronomic characteristics were assessed by the counting of number of plants per hectare, number of lodged plants, number of broken plants, height of the plant and through weighting it was evaluated the green matter yield, dry matter yield and stem proportions, leaves and panícula. After cutting, part of the material was ensiled. After the silos opening, the samples were pre-dried, ground and conditioned in glass flasks for analyses of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), hemicellulose, cellulose and lignin by the sequential method; pH, NH<sub>3</sub>/NT and dry matter digestibility *in vitro*. The values of N°Pl/ha were superior in the genotype AG2501 for being of the type cut and grazing. The medium values of height varied from 1,63 to 2,40 m. Concerning to GMY /ha and DMY/ha, the largest productions were observed in the BRS610, Volumax and AG2005E genotypes. In the leaves percentile, AG2005E overcame all the others. As for the percentile of panicle, the BRS610, AG2005E, Volumax and Qualimax genotypes were similar overcoming the AG2501 one. The largest stem percentage was observed in the genotype AG2501. The DM contents were superior in the AG2501, BRS610 and AG2005E genotypes. For the values of CP of the silage, AG2005E overcame all the others ones. When analysing the NDF values of the silages, there was not significant difference between the genotypes. In relation to ADF, there was not difference ( $p>0,05$ ) between the genotypes AG2501, Volumax and AG2005E that it overcame the others ones. When was analysed the values of HCEL there was not statistical difference ( $p<0,05$ ) between the genotypes. The values of CEL varied from 25,69 to 28,45. In relation to LGN, the BRS610 genotype overcame all the others ones. The pH

---

<sup>1</sup> Guidance committee: Prof. Daniel Ananias de Assis Pires – Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Adviser); Prof. Dorismar David Alves – Department of Agrarian Sciences /UNIMONTES (Co-adviser).

values,  $\text{NH}_3/\text{NT}$ , lactic acid and acetic acid of the silages were satisfactory for a good fermentation profile. The largest percentages of DIVDM of the silages were found in the Qualimax, BRS610 and AG2005E genotypes that did not differ amongst themselves and they were superior to the others. The data were submitted to variance analyses through the SISVAR program and the comparisons of averages were made in agreement with Scott-Knott test at the level of 5%. The studied genotypes presented good green mass yield and also agronomic characteristics and nutritional value appropriated to production of silages with good fermentative pattern when cultivated in the winter.



## 1 - INTRODUÇÃO

Durante o inverno, em decorrência da escassez de chuvas associada às baixas temperaturas, ocorre insuficiência de pasto oriundo de gramíneas tropicais, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, para atender ao requerimento animal nas suas necessidades de manutenção, crescimento, produção e, principalmente reprodução.

A ausência de culturas alternativas para o cultivo de outono-inverno é um entrave nos sistemas de produção agrícola, para produção de forragens, principalmente em regiões de inverno seco.

A região Norte de Minas caracteriza-se, em quase toda sua extensão, por um clima semiárido, com precipitação média de 791 mm dos quais 74,2% estão concentrados nos meses de novembro a Março (EPAMIG, 2001). Deste modo, a escassez de volumoso no período estival do ano constitui o principal fator limitante ao desempenho da pecuária regional. Levando em consideração as adversidades climáticas da região, o sorgo poderá se constituir em alternativa e/ou estratégia em face das suas características xerofílicas, do seu potencial adaptativo e do seu uso multivariado.

Existem, no mercado, muitas cultivares de sorgo, porém nem todas são aptas para a produção de silagem de qualidade. Fatores como digestibilidade do colmo, qualidade dos grãos, resistência a doenças, adaptabilidade ao ambiente e produção de matéria seca afetam diretamente a qualidade da silagem a ser produzida e o desempenho animal na propriedade. A qualidade da silagem vai depender, ainda, do momento de colheita da planta de sorgo, pois o teor de matéria seca vai influenciar o processo fermentativo.

Além de ser um alimento de alto valor nutritivo, apresenta alta concentração de carboidratos solúveis essenciais para adequada fermentação láctica, bem como altos rendimentos de matéria seca por unidade de área.

A falta de cultivares adaptadas, e que apresentem características desejáveis, como alta produção de forragens de elevado valor nutritivo, representa a maior dificuldade enfrentada pelos agropecuaristas na implantação de sistemas de cultivos de inverno. Dessa forma, há necessidade de buscar materiais adaptados e que apresentem interações positivas com as condições ambientais locais (MOREIRA, 2007).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as características agronômicas bem como os parâmetros fermentativos e nutricionais das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno.

## **2 - REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 - A Cultura do Sorgo**

O sorgo, originário do centro da África e parte da Ásia, têm se tornado uma alternativa para alimentação animal, especialmente em regiões de baixa disponibilidade de água, por apresentar sementes ricas em proteínas, vitaminas, hidratos de carbono e sais minerais, além de produzir plantas com elevado volume de massa verde e que apresentam tolerância à seca e à alta temperatura (CARVALHO *et al.*, 2000).

Devido a sua resistência à seca, pode ser cultivado em regiões semiáridas com baixos índices pluviométricos, desde que bem distribuídos. Atualmente é o quinto cereal mais cultivado em todo o mundo, sendo suplantado apenas pelo arroz, trigo, milho e cevada (ALVARENGA, 2003).

Sua introdução é recente nas Américas. Entrou através do Caribe, trazido por escravos africanos, atingiu o sudeste dos Estados Unidos, na metade do século XIX. Em 1857, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos lançou o que pode ter sido a primeira cultivar comercial “moderna” de sorgo do mundo, fruto de manipulação genética, denominado “combine types” ou sorgo granífero. Essa cultura se desenvolveu em várias regiões do oeste dos EUA e tornou-se popular em outros países, como Argentina, México, Austrália, China, Colômbia, Venezuela, Nigéria, Sudão e Etiópia (TEIXEIRA e TEIXEIRA, 2004).

No Brasil deve ter chegado da mesma forma como nas Américas do Norte e Central. Nomes como milho d’Angola ou milho da Guiné encontram-se na literatura e, até hoje, no vocabulário nordestino. A partir da segunda metade do século XX, a cultura foi reintroduzida no país quando o setor privado entrou no agronegócio do sorgo (TEIXEIRA e TEIXEIRA, 2004). Nessa ocasião, os

híbridos de sorgo granífero, de porte baixo, recém-lançados na Argentina, como sorgo-anão, entraram no Brasil, através da fronteira gaúcha com este país latino. Do Rio Grande do Sul, os híbridos desenvolvidos pelo trabalho dos melhoristas americanos, adaptados às condições do pampa argentino, chegaram a São Paulo e, posteriormente, se expandiram para outros estados (RESTLE *et al.*, 1998).

No nordeste brasileiro, os estados que mais têm sobressaído com a exploração do sorgo são: Rio Grande do Norte, Ceará, Maranhão, Bahia e Pernambuco. No Cerrado brasileiro a cultura teve grande expansão com o advento da safrinha (VON PINHO e VASCONCELOS, 2007).

O Centro Oeste é a principal região de cultivo de sorgo granífero, enquanto o Rio Grande do Sul e Minas Gerais, de sorgos forrageiros. O sorgo granífero é cultivado sob três sistemas de produção. No Rio Grande do Sul, o sorgo é plantado na primavera e colhido no outono. No Brasil Central, a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. No nordeste, a cultura é plantada na estação das chuvas (TEIXEIRA e TEIXEIRA, 2004). No segmento de sorgo forrageiro, o sistema é de cultivo exclusivo de verão-outono e as maiores áreas plantadas ainda são para confecção de silagem (ZAGO, 1991).

Desde a introdução da cultura de sorgo no Brasil no século XX, nunca se firmou como uma cultura com características comerciais marcantes. O sorgo foi apresentado como uma cultura rústica, resistente à seca e, desta forma, introduzida no nordeste como produto que salvaria a produção agropecuária daquela região. No entanto, o sorgo, apesar de ser um pouco mais resistente ao estresse hídrico do que o milho, não é resistente à seca como se divulgava (EMBRAPA, 2008).

A safra de sorgo no ano agrícola de 2008/2009 foi de 1.986.600 toneladas. E sua produção apresentou um aumento de apenas 0,8 % em relação à safra 2007/2008. Entretanto, a área plantada aumentou de 843.500 ha para

878.500 ha com uma variação positiva de 4,1% no mesmo ano. Esta discrepância entre área plantada e produção ocorreu em função da queda de produtividade de 2.354 Kg/ha para 2.242 Kg/ha com uma redução de 4,8% (CONAB - 3º Levantamento – Dez/2008).

Estão disponíveis no mercado quatro tipos de sorgo como recurso forrageiro: os sorgos graníferos, os forrageiros (tradicional ou silageiro e duplo propósito), vassoura e sacarinos. Estas cultivares variam na altura, produção de matéria seca e composição bromatológica, produzindo silagens com valores nutritivos diferentes. As cultivares graníferas variam de 1,00-1,60 metros, com panículas bem desenvolvidas e grãos de tamanho grande produzindo silagens de valor nutritivo superior ao de silagens dos sorgos forrageiros de porte alto. Os sorgos do tipo forrageiros são adaptados para produção de silagem e para corte verde, com altura entre 2 e 3 metros. Além disso, existem cultivares de duplo-propósito (forragem e grão), com altura média em torno de 2 metros. As cultivares de porte alto produzem silagens com valores nutritivos normalmente inferiores, às de uma boa silagem de milho devido a uma menor proporção de grãos na massa ensilada (ZAGO, 1992). O sorgo forrageiro apresenta grande potencial para utilização, já que possui elevada produtividade, boa adequação à mecanização e grande versatilidade, podendo ser utilizado como feno, corte e pastejo direto e silagem (BORGES, 1995 e BERNARDINO, 1996).

Existe grande diversidade genética entre plantas de sorgos comercializados no Brasil, o que permitiu o desenvolvimento de trabalhos de melhoramento que, segundo Pedreira *et al.* (2003), proporcionaram a obtenção de grande número de híbridos, e cada um desses materiais apresenta característica agrônômica e valor nutritivo diferente, com consequentes variações quanto à produtividade, padrões de fermentação e composição bromatológica, quando utilizado para silagens (MAGALHÃES *et al.*, 2006).

Os critérios para seleção de híbridos de sorgo para silagem têm sido principalmente, alturas da planta, produtividade, produção de grãos, resistência a doenças e pragas e tolerância à seca (CUMMINS, 1971),

A caracterização agrônômica dos materiais genéticos disponíveis no mercado é de fundamental importância para se obter uma silagem de sorgo de alta produção e com elevado valor nutritivo (ZAGO, 1991). A identificação de plantas mais adaptadas às condições em que serão cultivadas contribuirá para obtenção de maiores rendimentos da cultura do sorgo. Ressalta-se que, além da genética e do ambiente, a produção é influenciada, entre outros fatores, por qualidade da semente, época de semeadura, população de plantas, preparo, correção e adubação do solo, irrigação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Contudo, existem poucas informações sobre os efeitos destes fatores sobre a qualidade da forragem produzida. O ciclo vegetativo do sorgo depende da cultivar considerada, sendo algumas delas sensíveis ao fotoperíodo, porém a maioria completa o seu ciclo entre 90 e 120 dias (MELLO, 2003).

## **2.2 - Produção de Massa Seca**

O uso da cultura de sorgo para silagem, no Brasil, surgiu a partir da introdução de variedades de porte alto, com alta produtividade de massa verde. Preocupava-se naquele momento apenas com a redução do custo da tonelada de matéria verde de silagem produzida, sem considerar a qualidade desse material. Entretanto, com o passar do tempo, os produtores passaram a exigir um material com maior produção de nutrientes por unidade de área. Isso explica porque muitas vezes um sorgo forrageiro pode ser preferido a um granífero, pois, apesar de possuir valor nutritivo geralmente inferior, apresenta alta produção, o que pode resultar em maior produção de nutrientes por unidade de área (NUSSIO e MANZANO, 1999).

A produtividade do sorgo ocorre em função de vários fatores integrados, dentre eles interceptação de radiação pelo dossel, eficiência metabólica, eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos, capacidade de dreno (AGUIAR *et al.*, 2000).

O potencial de produção de fitomassa de gramíneas forrageiras decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos. Um processo importante para restauração da capacidade fotossintética das plantas, após o corte ou pastejo, é a eliminação da gema apical das plantas que promove brotações a partir do desenvolvimento de gemas basais ou laterais, dando origem a novos perfilhos (GOMIDE e GOMIDE, 2000).

Na tentativa de aliar uma boa produtividade de matéria seca a um bom valor nutritivo, tem-se procurado desenvolver híbridos de sorgo que tenham um bom equilíbrio entre colmo, folha e panícula. Smith *et al.* (1974) compararam diferentes cultivares de milho e sorgo, correlacionando as características agrônomicas com a qualidade da silagem. De acordo com estes mesmos autores, quando se deseja alta produção de massa verde para silagem, cultivares de sorgo forrageiro destacam-se pela elevada produção de massa; contudo, a proporção de grãos é menor. Por outro lado, o sorgo granífero é caracterizado pela alta produção de grãos. Aqueles de duplo-propósito apresentam produções intermediárias de massa verde e grãos. Em relação às características agrônomicas, os híbridos interespecíficos apresentam vantagens em relação a outras plantas forrageiras cultivadas (ZAGO, 1992).

A altura da planta é determinante na produção de matéria seca (MS) das cultivares de sorgo. A produção de matéria seca é uma importante característica na avaliação da viabilidade econômica de uma forrageira destinada à produção de silagem. A produtividade esperada do sorgo para o primeiro corte é de 4-11 t/ha de grãos e 40 e 45 t/ha de massa verde (ZAGO, 1992).

Semeaduras de sorgo efetuadas em fevereiro em regiões do Brasil Central proporcionaram produções acumuladas de 9 a 12 t/ha de fitomassa seca, em três cortes consecutivos sem irrigação, o que representou produções de 40 a 60 t/ha de forragem fresca (ZAGO, 1992).

Corrêa (1996), avaliando um híbrido de sorgo de porte alto e dois híbridos de porte médio, verificou produções de matéria seca variando de 7,5 a 10,2 t/ha. No entanto, Pereira *et al.* (1993) obtiveram produções de matéria seca e proteína bruta de 18,0 e 1,08; 16,6 e 1,34; 14,6 e 1,25 t/ha para os sorgos de porte alto, médio e baixo, respectivamente. A produtividade mínima aceitável para o sorgo é de 40 toneladas de massa verde por hectare, pois abaixo disto é economicamente inviável (VALENTE, 1992).

### **2.3 - Densidade Populacional**

Há uma tendência de se utilizar cada vez mais os espaços reduzidos. As vantagens do uso de menores espaçamentos entre fileiras estão relacionadas com maior rendimento, cobertura mais rápida do solo, favorecendo maior supressão das plantas daninhas e, conseqüente, redução de reinfestação. Além disso, garantem maior absorção de luz solar e menor perda de água por evaporação, maior eficiência das plantas na absorção de água e nutrientes e redução da erosão, pela cobertura antecipada da superfície do solo. Plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores. A variação do espaçamento entre linhas e entre plantas na linha proporciona diferentes arranjos de plantas (SANGOI, 2001).

No Brasil, esse espaçamento é muito variável devido aos diversos genótipos utilizados, bem como às condições produtivas também variadas. Para o tipo granífero, os espaçamentos são de 0,50 a 0,70 m com 15 a 18 sementes por metro, que resultam em populações na colheita de 140.000 a 170.000



plantas/ha; porém para os sorgos duplo propósito, esta variação é menor, de 0,70 a 0,80 m com 18 a 20 sementes/m, resultando em 140.000 a 170.000 plantas/ha (RIBAS, 2003).

A densidade ideal para o sorgo forrageiro está entre 100 mil e 150 mil plantas/ha, tendo como objetivo a redução do acamamento, o que normalmente ocorre em populações maiores (MARTINS, 2000). Por outro lado, Flaresso *et al.* (2000) têm recomendado espaçamentos de 0,70 m a 0,80 m para o cultivo de sorgo forrageiro, como adaptação às colhedeiças atualmente utilizadas.

Com o acréscimo na densidade de plantas e redução do espaçamento entre linhas de semeadura, é possível otimizar a eficiência da interceptação de luz pelo aumento do índice foliar mesmo nos estádios fenológicos iniciais, uma vez que se melhora o aproveitamento de água e nutrientes e reduz a competição inter e intraespecífica. Estes fatores aumentam a produção de matéria seca e de grãos (MOLINA, 2000).

A fotossíntese fornece cerca de 90 a 95% da matéria seca do vegetal, assim como a energia metabólica requerida para o desenvolvimento da planta. Durante o ciclo, a planta de sorgo depende das folhas como os principais órgãos fotossintéticos, e a taxa de crescimento da planta depende tanto da taxa de expansão da área foliar como da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar. À medida que o dossel da planta se fecha, outros incrementos no índice de área foliar têm pouco ou nenhum efeito sobre a fotossíntese, a qual passa a depender da radiação solar incidente e da estrutura do dossel vegetal. A cultivar, o fotoperíodo e a temperatura são fatores que determinam o número de folhas no sorgo (RIBAS, 2003).

Um dos problemas enfrentados no processo de ensilagem é o acamamento da forragem a ser utilizada, visto que existe correlação positiva entre altura das plantas e porcentagem de acamamento. A possibilidade de

acamamento é maior para cultivares forrageiras, o que se torna preocupante quando a densidade de plantio é muito alta (SILVA, 1996).

Gontijo Neto *et al.* (2004), em trabalho com cinco híbridos de sorgo, incluindo AG-2005 com população 150.000 plantas/ha (a maior população trabalhada) e 0,80 m de espaçamento entrelinhas, concluíram que dentre os híbridos estudados (AG- 2002, AG-2005, AG-X-202, VOLUMAX e AG-X-215) o AG-2005 obteve-se a menor relação colmo:folha:panícula. Também, trabalhando com AG-2005, mas com população de 160.000 plantas/ha e espaçamento de 0,90 m, Neumann *et al.* (2002) obtiveram resultados superiores em termos de qualidade da silagem deste híbrido em relação aos demais testados.

Von Pinho *et al.* (2006), avaliando as características agronômicas e nutricionais das silagens dos genótipos de sorgo AG1018 (granífero), DKB860 (granífero), AG2005E (duplo propósito), MASSA3 (duplo propósito), VOLUMAX (forrageiro) e BRS610 (forrageiro), o estande final para todos os grupos de cultivares foi de 167,43; 143,71 e 127,60 mil plantas por hectare para os sorgos graníferos, os sorgos duplo-propósito e os sorgos forrageiros, respectivamente. A altura de plantas variou de 1,46 m para os sorgos graníferos, 1,79 m para os duplos propósitos e 2,66 m para os sorgos forrageiros. Essa característica é altamente influenciada pela constituição genética e pelo ambiente, o que proporciona a grande variação observada.

#### **2.4 - Proporção de Folhas, Panículas e Colmos**

A quantidade e a qualidade de luz também são importantes para a expansão foliar. As folhas que crescem em alta intensidade de luz têm frequentemente um número de células superior ao daquelas que crescem em intensidades de luz mais baixas; portanto, podendo classificá-la como planta de

sol. Cerca de 30 dias após a emergência, ocorre a diferenciação do ponto de crescimento (muda de fase vegetativa, produtora de folhas para reprodutiva, produtora de panícula). O número total de folhas neste estágio já foi determinado e o tamanho potencial da panícula será brevemente definido. Cerca de 1/3 da área foliar está totalmente desenvolvida. As folhas são os principais órgãos fotossintéticos e a taxa de crescimento da planta depende da taxa de expansão da área foliar, como também da taxa de fotossíntese (MAGALHÃES *et al.* 2000).

O número de folhas numa planta varia de 7 a 30, sendo geralmente de 7 a 14 folhas para o sorgo granífero. O comprimento da folha chega a mais de um metro e largura varia de 0,5 a 15 cm. Os fatores que determinam o número de folhas no sorgo são: cultivar, fotoperíodo e temperatura (DOGGET, 1970).

A posição das folhas da planta pode variar de vertical a horizontal, concentrando-se mais na base ou, ainda, serem uniformemente distribuídas na planta (EASTIN, 1983).

As panículas e as folhas são os componentes da planta que apresentam maiores coeficientes de digestibilidade e teoricamente uma maior digestibilidade total. As percentagens de folha, colmo e panícula têm estreita ligação com a altura da planta. Híbridos mais altos atingirão maiores produtividades, porém a percentagem de colmo será alta em relação às folhas e panículas, comprometendo o valor nutritivo da planta (ZAGO, 1992).

Das frações da planta de sorgo, o colmo é a porção que menos contribui para a elevação do teor de matéria seca, seguido pelas folhas e a panícula, esta última permitindo grandes ganhos de matéria seca num curto período. Segundo Nússio (1992), 40-50% da matéria seca deveria ser composta de grãos no momento da ensilagem na tentativa de garantir qualidade e consumo do material ensilado (CARVALHO *et al.*, 1992).

A maior percentagem de panícula, além de contribuir para o aumento na qualidade da silagem, devido ao seu melhor valor nutritivo, tem ainda uma

participação importantíssima na elevação de percentagem de matéria seca da massa ensilada, pois possui menor conteúdo de água (ZAGO, 1991). Contudo, Fisher e Burns (1987) observaram maior proporção de matéria seca na panícula do sorgo granífero e no milheto, diferentemente dos sorgos forrageiros que, geralmente, possuem maiores proporções de matéria seca no colmo.

## **2.5 – Fatores Edafoclimáticos**

O sorgo é uma espécie anual, ou perene de vida curta, de clima tropical, cultivada em diversas regiões do mundo até cerca de 1.800 m de altitude (EMBRAPA, 2008). É uma planta  $C_4$ , de dias curtos, com altas taxas fotossintéticas, que requer temperaturas superiores a 21 °C para um bom crescimento e desenvolvimento. Tolera mais o deficit de água e o excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo. Os híbridos, de maneira geral, têm uma formação de folhas e sistema radicular mais rápido do que linhagens ou variedades. Quando se comparam materiais forrageiros, principalmente variedades, estas são mais lentas que os graníferos (MAGALHÃES e DURÃES, 2003).

Plantas  $C_4$  são aquelas que envolvem a produção de ácidos pela via com quatro carbonos na fotossíntese e, em condições de altas temperatura e luminosidade, são muito mais eficientes que as plantas que utilizam a via de três carbonos no processo fotossintético ( $C_3$ ). Como plantas forrageiras, caracterizam-se pela alta produção de matéria seca, pela eficiência no uso da água e pela capacidade de rebrota (WHEELER, 1980).

O comportamento da cultura está sujeito a uma série de variações, conforme as práticas culturais, cultivares utilizadas, demanda evaporativa da atmosfera e retenção de água no solo. Diante disso, a resposta de uma planta ao

estresse hídrico depende de uma série de fatores, que podem ser intrínsecos ou extrínsecos (VON PINHO e VASCONCELOS, 2007).

Os principais fatores edafoclimáticos que afetam a produtividade do sorgo são temperatura do ar, precipitação, fotoperíodo e solo (NEUMANN *et al.*, 2002).

Quanto à temperatura, Clegg *et al.* (1983) afirmam que o sorgo é de origem tropical, é uma cultura agrícola sensível às baixas temperaturas noturnas. A temperatura ótima para o crescimento está por volta de 33-34 °C. Acima de 38 °C e abaixo de 16 °C a produtividade decresce. Esses mesmos autores consideram que temperatura inferior a 10 °C causa reduções drásticas de área foliar, perfilhamento, altura, acumulação de matéria seca e atraso na data de floração devido, principalmente, à redução da síntese de clorofilas nas folhas jovens que acarretam uma drástica redução na atividade fotossintética dessas plantas.

A temperatura ótima para o desenvolvimento de cada plantio varia conforme a cultivar considerada. De uma forma geral, a literatura internacional tem mostrado que temperaturas superiores a 38 °C ou inferiores a 16 °C limitam o desenvolvimento da maioria das cultivares. Um aumento de 5 °C em relação à temperatura ótima noturna pode implicar uma redução de até 33% da produtividade, uma vez que ocorre um aumento da taxa de respiração noturna. A cada 1 grau centígrado de aumento da temperatura noturna, a respiração aumenta em torno de 14 (EMBRAPA, 2008).

Brooking (1983), comparando o milho e sorgo, observou que o sorgo é mais tolerante a temperaturas altas e menos tolerante a temperaturas baixas. A temperatura baixa afeta o desenvolvimento da panícula, principalmente por seu efeito sobre a esterilidade das espiguetas.

Com relação à precipitação, a planta de sorgo se adapta a vários ambientes, especialmente sob condições de deficiências hídricas, desfavoráveis à maioria dos cereais. Essa característica permite que a cultura seja apta para se desenvolver e se expandir em regiões de cultivo com a distribuição irregular de

chuvas e em sucessão às culturas de verão (VON PINHO e VASCONCELOS, 2002).

As maiores áreas produtoras de sorgo no mundo possuem precipitação anual que não ultrapassa os 100 mm. Entretanto, considera-se como suficiente para obtenção de boas safras, durante o desenvolvimento da cultura até sua maturidade fisiológica, que ocorra uma precipitação em torno de 450 a 550 mm (EMBRAPA, 2008).

O sorgo possui tolerância a períodos de estiagem durante seu ciclo vital e produz colheitas de grãos e massa verde, economicamente compensadora, em condições de pluviosidade baixa e em solos de baixa fertilidade (CAMACHO *et al.*, 2002). Com o desenvolvimento de variedades e híbridos de maturação precoce, o ciclo destas culturas requer, para seu completo desenvolvimento, cerca de 380 mm de chuva, desde que este total apresente boa distribuição nos três meses subsequentes à semeadura. Apesar desta resistência à seca, o sorgo tem 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. E o segundo corresponde ao período próximo ao florescimento (ANTUNES, 1979).

A planta de sorgo é mais resistente à seca porque o seu sistema radicular explora melhor o perfil do solo durante este período, suas folhas murcham menos e são capazes de recuperar a turgescência (ALDRICH *et al.*, 1982). Em caso de estresse hídrico, as folhas se enrolam devido à presença de filas de células especializadas na epiderme superior, constituindo, portanto, um mecanismo de defesa da planta (DOGGET, 1970).

A resistência à desidratação está ligada, além do seu sistema radicular fibroso e muito extenso (podendo atingir 1,5 m de profundidade), ao ritmo de transpiração eficaz (retardamento do crescimento) e características foliares das xerófitas, como a cerosidade e a ausência de pilosidade, que reduzem a perda de água da planta (SERRANO, 1971).

Em relação ao fotoperíodo, o crescimento do sorgo pode ser definido como a resposta à duração dos períodos luminosos e do escuro. A variação do comprimento do dia e da noite muda de acordo com a estação do ano e com a latitude. O sorgo é considerado naturalmente uma planta de dias curtos, ou seja, floresce mais rápido em noites longas. A gema terminal da planta de sorgo permanece vegetativa até que os dias encurtem, para haver a sua diferenciação em gema floral. Isto é o que chamamos de fotoperíodo crítico, então se o comprimento do dia aumentar, a planta retarda o florescimento; ao passo que se o comprimento do dia decresce, a planta floresce mais rápido (PAUL, 2002).

A fase de sensibilidade ao fotoperíodo está relacionada com o fotoperíodo crítico do sorgo. Craufurd e Qi (2001) destacam que o valor crítico para o sorgo é de 12,9 h.dia-1. Valores menores ou iguais a esse fazem com que a diferenciação floral ocorra no final da fase juvenil, como observado por Caddel e Weibel (1971), em fotoperíodos de dez horas, ambiente satisfatório para a indução da diferenciação floral das cultivares de sorgo. Quando o fotoperíodo foi maior que 12,9 h.dia-1, a duração da fase indutiva aumentou, necessitando de maior número de graus dias para as plantas atingirem a fase de diferenciação floral.

Ellis *et al.* (1997) e Craufurd *et al.* (1998) verificaram para a fase de sensibilidade ao fotoperíodo do sorgo, que temperaturas de 27 °C foram consideradas ótimas para o desenvolvimento das plantas visando à obtenção de bons rendimentos.

Por pertencer ao grupo de planta C<sub>4</sub> o sorgo suporta elevados níveis de radiação solar, respondendo com altas taxas fotossintéticas, minimizando a abertura dos estômatos e consequente perda d'água. Assim, o aumento da intensidade luminosa implica maior produtividade, sempre que as demais condições sejam favoráveis (EMBRAPA, 2008).

Em relação ao solo, o sorgo é uma cultura tolerante a diversas condições, podendo ser cultivado satisfatoriamente em solos que variam de argilosos a ligeiramente arenosos. Embora sobreviva melhor que outros cereais em solos arenosos e de baixa fertilidade, tem preferência por solos bem preparados, com acidez corrigida, ricos em matéria orgânica, pH entre 5,5 e 6,5; topografia plana e sem excesso de umidade. Assim, apresenta maior produtividade nos solos ricos em matéria orgânica, profundos, de boa drenagem e com topografia plana e/ou declividade inferior a 5%. Os solos aluviais prestam-se muito bem ao cultivo do sorgo, desde que adequadamente preparados. Os solos mal drenados são os únicos que não se recomendam para esta cultura (EMBRAPA, 2008).

## **2.6 - Cultivo do Sorgo no Inverno**

A distribuição irregular e a baixa precipitação pluvial são os principais fatores que afetam a produtividade das forrageiras anuais no cultivo de outono-inverno no Brasil (MAGALHÃES *et al.*, 2000). Em razão da sua resistência à seca, o sorgo é considerado um dos cultivos mais apropriados às regiões semiáridas. Suas características fenológicas lhe conferem ampla adaptação à época de semeadura, que se estende de setembro a março, para as condições do Centro-Sul brasileiro, despertando muito interesse pela semeadura em sucessão às culturas precoces de verão (ZAGO, 1992).

As variações ocorridas nas condições climáticas, principalmente na temperatura em diferentes períodos do ano, afetam o desenvolvimento das cultivares de sorgo (MARTIN e VANDERLIP, 1997), apresentando ação nas atividades enzimáticas das plantas (BONHOMME 2000). Resultados obtidos por Caddel e Weibel (1971) demonstram que os efeitos da temperatura na diferenciação floral do sorgo são complexos, influenciando as repostas ao fotoperíodo e o desenvolvimento das plantas.



Independente do fotoperíodo, a temperatura determina a duração dos subperíodos da diferenciação floral à floração e desta à maturidade. Paul (2002) destaca que temperaturas elevadas no período entre a diferenciação floral e a floração podem causar o aborto das flores e dos embriões. Outrossim, temperaturas baixas causam esterilidade dos grãos de pólen, influenciando o desenvolvimento da panícula. Estes efeitos causam diminuição na produção de grãos e decréscimos na qualidade da forragem do sorgo (CRAUFURD e QI, 2001).

Ferraris e Charles-Edwards (1986) observaram que a duração do ciclo e o rendimento de matéria seca do sorgo diminuíram com o atraso na data de semeadura, devido à diminuição do número de dias até a antese, a qual foi influenciada pela elevação da temperatura.

## **2.7 - Época de Colheita**

Como regra geral, à medida que aumenta o estágio de maturação das plantas forrageiras, principalmente as gramíneas, elas apresentam um aumento na produção e um decréscimo na digestibilidade. Tanto o milho como o sorgo são exceções, os quais revelam uma digestibilidade mais ou menos constante durante um período relativamente longo, permitindo que o corte para a ensilagem seja feito em função de outros fatores relacionados à conservação e à ingestão de matéria seca (BOIN, 1985). Também Johson *et al.* (1973) como Demarchi (1993), estudando o efeito da maturidade sobre a composição química da planta de sorgo, relataram que o aumento no teor de matéria seca da panícula durante a maturação é o maior responsável pela queda da umidade da planta inteira.

Durante o processo de maturação, do florescimento ao estágio de grãos duros, há uma redução no teor de PB e na digestibilidade da MS das partes

vegetativas das plantas (colmo e folhas). No entanto, nesse período a produção de nutrientes aumenta acentuadamente, mormente naquelas cultivares de maior produção de grãos, em função da elevada translocação de nutrientes para as panículas. Portanto, o aumento na produção total é função praticamente exclusiva do acúmulo de MS da panícula (DEMARCHI, 1993).

Segundo Pizarro (1978a), há muito tempo se conhecem provas da baixa digestibilidade das sementes de sorgo, nas quais as perdas de grãos nas fezes variam de 26 a 49% dos grãos ingeridos com a silagem de sorgo o que concorda com Fancelli (1986). Este autor relatou que quando os grãos são ingeridos íntegros pode haver uma perda de 25 a 50% nas fezes. Demarchi (1993), avaliando a perda de grãos nas fezes de ovinos alimentados exclusivamente com silagem de sorgo duplo-propósito em diferentes estádios de maturação, verificou perda de 4% no estágio leitoso e 12% com os grãos inteiramente duros, mas a ingestão total de grãos aumentou ou manteve-se constante com o avanço da maturação, assegurando a digestibilidade e o desempenho animal. Da mesma forma, Zago (1991), citando diversos autores, relata que a taxa de passagem de sementes inteiras aumentou cerca de 9% em animais alimentados com silagem de sorgo de grãos leitosos em relação à silagem no estágio de grãos duros. Entretanto houve aumento no consumo de MS em função do maior conteúdo de MS da silagem no estágio de grão duro, o que resultou em desempenho animal similar. A taxa de passagem de grãos inteiros em geral é negativamente correlacionada com o tamanho do grão; assim, híbridos de sementes maiores apresentam menor taxa de passagem de grãos inteiros. A utilização de sorgos forrageiros tende a minimizar o problema da baixa eficiência na utilização dos grãos e ao mesmo tempo a maximizar a produção de matéria seca por hectare (PIZARRO, 1978b).

Híbridos de sorgo no estágio de grão leitoso normalmente apresentam maiores coeficientes de digestibilidade da porção fibrosa. No

entanto, o rápido aumento da porção de grãos e, conseqüentemente, de amido altamente digestível que ocorre com o amadurecimento compensa a diminuição da digestibilidade da porção fibrosa, mantendo inalterada a digestibilidade da matéria seca (ZAGO, 1999).

Do ponto de vista da fermentação, parece existir uma amplitude relativamente grande no período de colheita para ensilar. Entretanto esse período de colheita é muito mais restrito em relação à otimização da produção de nutrientes digestíveis, tanto para o milho como, e principalmente, para o sorgo (CODAGNONE e SÁ, 1985; SMITH e BOLSEN, 1985; LAVEZZO *et al.*, 1986).

Quanto ao consumo de matéria seca, Tonani (1995), analisando o valor nutritivo de silagens de três híbridos de sorgo (forrageiro, duplo-propósito e granífero), colhidos em três estádios de maturação de grãos (leitoso, pastoso e farináceo), verificou maior consumo de matéria seca para a silagem do híbrido duplo-propósito no estádio leitoso. O autor recomenda que os cortes sejam efetuados em estádio de maturação de grão leitoso a pastoso, pois há redução na digestibilidade da matéria seca em estádios mais avançados. Entretanto, Andrade e Carvalho (1992) verificaram as maiores ingestões diárias de matéria seca e nutrientes digestíveis totais (NDT) quando os grãos estavam nos estádios farináceos a duros.

O teor de matéria seca da planta forrageira é um dos mais importantes fatores no processo da ensilagem, uma vez que determinará o tipo de fermentação que irá se desenvolver no interior do silo. McDonald *et al.* (1991) consideraram o teor ideal de matéria seca na faixa de 30% a 35%. No entanto, estes mesmos autores enfatizaram que valores de matéria seca acima de 25%, quando associados a um nível adequado de carboidratos solúveis, seriam suficientes para produção de silagens de boa qualidade. Johnson *et al.* (1973) sugeriram um teor de 15% de carboidratos solúveis, como valor mínimo para

garantia de uma boa fermentação láctica, embora valores mais baixos, da ordem de 6,0% a 8,0%, também sejam considerados adequados (GOURLEY e LUSK, 1997).

Os resultados experimentais têm mostrado que o corte da planta do sorgo no estágio de grãos no ponto farináceo (meio da panícula) tem ocorrido com teores de MS que variam de 28 a 35%. Essa amplitude se deve a variação entre as cultivares utilizadas, sendo que para cultivares graníferas, de baixo porte, nesse momento a planta apresenta boa participação de grãos elevando o teor de MS total para níveis superiores a 30%, enquanto que nos sorgos forrageiros os teores são mais baixos em função da menor presença de grãos na massa ensilada (NUSSIO, 1992).

Em função das dificuldades de compactação, há comprometimento da qualidade da silagem produzida devido à aeração no silo. Os altos teores de MS da silagem, em silos trincheiras, frequentemente utilizados no Brasil não permitem a obtenção de densidade, na ordem de 500-600 Kg MV/m<sup>3</sup>, necessária para retirada do ar da massa. A presença de ar promove aquecimento do material e aumenta as perdas, inclusive após a abertura dos silos (estabilidade aeróbia) (DEMARCHI, 1993). Este mesmo autor, analisando as diferenças entre as variedades e híbridos de sorgo existentes no mercado com relação à porcentagem de grãos, concluiu que os sorgos com altas porcentagens de grãos devem ser colhidos entre os estádios de grãos leitosos e pastosos; sorgos com porcentagens médias, entre os grãos pastosos e farináceos; e sorgos com baixa porcentagem de grãos, no estágio de grãos duros. Essas variações são importantes para que todos sejam colhidos com a matéria seca, entre 30 e 35% que são os teores mais recomendados para a máxima eficiência nos processos de enchimento e fermentação das forragens ensiladas.

Todas essas condições podem determinar a época mais propícia para a colheita, para que tanto as características fermentativas, consumo

voluntário, digestibilidade da matéria seca, produtividade e desempenho animal sejam otimizados (DEMARCHI, 1993).

## **2.8 - Valor Nutritivo e Qualidade da Silagem**

O principal objetivo da conservação de forragens é a preservação das ótimas características do estágio de crescimento, para que sejam fornecidas aos animais no período de escassez. A silagem é o material produzido pela fermentação controlada de uma forragem com alto teor de umidade. Para ser ensilada, uma forragem deve conter um nível adequado de substratos fermentáveis sob forma de carboidratos solúveis em água (os principais são glicose, frutose e sacarose), um baixo poder tampão, um teor de matéria seca acima de 20% e deve também possuir uma estrutura física que permita uma boa compactação no silo (McDONALD *et al.*, 1991). De acordo com estes mesmos autores, uma grande variedade de forrageiras pode ser utilizada para a produção de silagem, mas a cultura do sorgo tem sido indicada, pois consegue produzir silagens de boa qualidade sem que seja necessária a utilização de aditivos.

Geralmente, a escolha de um híbrido para produção de silagem é realizada com base em parâmetros agrônômicos, tais como alta produção de matéria verde, alta produção de grãos, resistência a pragas e a doenças, dentre outros. Nesse processo de escolha, o valor nutritivo é negligenciado, ocasionando a produção de silagens de baixo valor nutricional (SKONIESKI *et al.*, 2010). Estudos comparativos entre cultivares conduzem à seleção de híbridos para silagens com valor nutritivo adequado ao sistema de produção animal, com melhor relação entre produtividade da cultura e valor nutricional da silagem (MAGALHÃES *et al.*, 2006).

Diversos fatores atribuem variações à qualidade final da silagem, dentre eles a escolha da cultivar ou híbrido, o estágio de maturação na colheita, o tipo de solo e as condições climáticas da área de cultivo (NEUMANN, 2004). Pesce *et*

*al.* (2000) enfatizaram que a identificação de híbridos de sorgo apropriados ao processo de ensilagem depende das características agronômicas da planta. Estas devem estar relacionadas ao processo de fermentação, visando à redução de perdas de matéria seca e dos nutrientes durante a ensilagem, assim como a manutenção dos coeficientes de digestibilidade, consumo de forragem e desempenho animal.

Vários critérios têm sido utilizados para a classificação da qualidade de silagens. Com o processo de ensilagem, a redução do valor nutritivo do material original pode ocorrer de diferentes formas, estando as perdas de matéria seca e de energia dependentes das características morfofisiológicas da forrageira ensilada, pois a digestibilidade e/ou a concentração do conteúdo celular das partes da planta (colmo, folhas e estrutura reprodutiva) influenciam diretamente na qualidade de fibra da planta inteira (SILVA *et al.*, 1999b).

Oliveira (1989) afirma que os parâmetros mais utilizados na avaliação da qualidade da silagem são os teores de ácidos orgânicos (lático, acético e butírico) nitrogênio amoniacal e pH. Entretanto, Matsushima (1971) concluiu que o conteúdo de matéria seca é um dos fatores mais importantes para determinar a qualidade da silagem, juntamente com o pH. Além disso, Paiva (1976) propôs a inclusão da digestibilidade *in vitro* da matéria seca como um parâmetro também importante em condições desta natureza.

De acordo com Elizalde (1995), a determinação do valor nutritivo da silagem é mais bem interpretada pela resposta do consumo voluntário, digestibilidade e eficiência da utilização de nutrientes digeridos. A digestibilidade do alimento, basicamente, é a sua capacidade de permitir que o animal utilize os seus nutrientes em maior ou menor escala. Essa capacidade é expressa pelo coeficiente de digestibilidade do nutriente, que é uma característica do alimento, e não do animal (SILVA e LEÃO, 1979).

Existe grande variação entre os dados referentes ao consumo e à digestibilidade aparente em bovinos alimentados com silagem de sorgo. Estas diferenças se devem, em parte, ao grande número de variedades existentes, associadas a outros fatores como local de plantio, época de plantio, idade de corte, época de corte, densidade de plantas, dentre outros, o que provocará também grande diferença na qualidade das silagens (PEREIRA *et al.*, 1993).

As panículas e as folhas são os componentes da planta que apresentam maiores coeficientes de digestibilidade e, teoricamente, uma maior digestibilidade total. As percentagens de folha, colmo e panícula têm estreita ligação com a altura da planta. Híbridos mais altos atingirão maiores produtividades, porém a percentagem de colmo será alta em relação a folhas e panículas, comprometendo o valor nutritivo da planta (ZAGO, 1992).

Outro importante fator determinante do tipo de fermentação no processo de ensilagem é o teor de matéria seca da planta. Nos sorgos este teor varia com a idade de corte e com a natureza do colmo da planta (CARVALHO *et al.*, 1992).

Silagens de boa qualidade devem ter a matéria seca entre 30 e 35%. Silagens que apresentem umidade muito alta têm uma série de desvantagens: primeiro, silagens muito úmidas têm um custo de produção maior, pois o transporte por quantidade de matéria seca fica mais caro; segundo, o pH de silagens muito úmidas tem que ser mais baixo para inibir o crescimento de *Clostridium* spp (PAIVA, 1976). Essas bactérias são indesejáveis por produzirem ácido butírico e degradarem a fração proteica com consequente redução do valor nutricional da silagem; terceiro, mesmo que o nível de carboidratos solúveis seja o suficiente para promover fermentação láctica, o consumo voluntário é diminuído; e quarto, silagens muito úmidas produzem efluentes que levam à perda de nutrientes de alta digestibilidade (McDONALD *et al.*, 1991).

Embora sejam desejáveis forragens com teor de MS entre 30 e 35% para a ensilagem, silagens com teor de matéria seca acima de 40% são mais susceptíveis a danos por aquecimento e aparecimento de fungos, porque a remoção de oxigênio é dificultada por não permitir uma compactação adequada (VAN SOEST, 1994). Além disso, a fase aquosa da silagem perde mobilidade. Assim, produtos da fermentação se difundem mais lentamente entre as colônias de bactérias não ocorrendo uma redução eficaz do pH para inibir a ação das enzimas da planta, enquanto que próximo às colônias torna-se tão ácido que a fermentação é inibida (MOISIO e HEIKONEN, 1994).

Das frações da planta de sorgo, o colmo é a porção que menos contribui para a elevação do teor de matéria seca, seguido pelas folhas e a panícula, esta última permitindo grandes ganhos de matéria seca num curto período (CARVALHO *et al.*, 1992). Segundo Nússio (1992), 40-50% da matéria seca deveria ser composta de grãos no momento da ensilagem, na tentativa de garantir qualidade e consumo do material ensilado.

Os híbridos de sorgo de colmo seco geralmente elevam o teor de matéria seca mais precocemente com a maturação. O desenvolvimento de híbridos com esta característica pode contribuir para a produção de silagem de melhor valor nutritivo, com menores perdas durante o processo de ensilagem e melhor consumo voluntário pelos animais (CUMMINS e DOBSON, 1972). No entanto, Borges (1995) concluiu que os teores de suculência no colmo não interferiram nos padrões de fermentação das silagens estudadas e que os híbridos de colmo seco não apresentaram maiores teores de matéria seca.

Atualmente, os componentes dos constituintes da parede celular, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina são referências fundamentais para os sistemas modernos de predição de ganhos (NRC, 1996). Eifert (2000) relata que numerosos estudos demonstraram relação



negativa entre FDN e consumo de matéria seca e entre FDA e digestibilidade aparente.

Em relação à FDA, um bom nível na silagem ocorre quando se têm valores inferiores a 30% (CRUZ e PEREIRA FILHO, 2001). Melo *et al.* (1998) e Resende *et al.* (2003) encontraram valores de FDA variando de 26,5 a 40,6%, em determinados genótipos de sorgo. Fonseca *et al.* (2002), ao estudarem características químicas das silagens de 60 cultivares de sorgo, constataram variação para percentuais de FDA na matéria seca da silagem de 23,26 a 40,33%.

Silva *et al.* (1999b) verificaram que o aumento proporcional de panículas na estrutura da planta de sorgo reduziu os teores dos constituintes da fibra e elevaram a digestibilidade da matéria seca da massa ensilada. Para Rodrigues *et al.* (1999), as relações entre as concentrações de hemicelulose e lignina são propostas como forma primária de verificação das relações entre as frações disponíveis e indisponíveis, e também como forma de explicar as altas correlações entre hemicelulose e digestibilidade da matéria seca.

Dentre os parâmetros utilizados para classificar as silagens, é importante ressaltar: os ácidos orgânicos, relação nitrogênio amoniacal / nitrogênio total ( $N-NH_3/NT$ ) e pH. No que diz respeito aos ácidos orgânicos, os ácidos acético, propiônico, isobutírico, butírico, valérico, isovalérico, succínico, fórmico e láctico são os comumente determinados, sendo que o acético, butírico e o láctico são os mais importantes. O ácido láctico, em função de sua maior constante de dissociação, possui relevante papel no processo fermentativo da silagem, pois é o responsável pela queda do pH a valores inferiores a 4,2 (LAVEZZO, 1993). Segundo Nogueira (1995), silagens com teores de ácido láctico acima de 5%; ácido acético e butírico abaixo de 2,5% e 0,1% respectivamente podem ser consideradas de muito boa qualidade. As condições precárias de ensilagem favorecem uma fermentação clostridiana e produz silagens com características de

baixo consumo. Os produtos que deprimem o consumo incluem amônia e ácidos voláteis, particularmente o acético (FORBES, 1995).

Segundo McDonald *et al.* (1991), as bactérias lácticas podem ser homofermentativas ou heterofermentativas. As primeiras convertem glicose e frutose em ácido láctico e são predominantes no início do processo fermentativo de silagens bem conservadas. Já as bactérias heterofermentativas produzem, além do ácido láctico, ácido acético, etanol e dióxido de carbono, não sendo, por isso, tão eficientes quanto às homofermentativas para promover a redução do pH.

Por outro lado, a presença de acetato em grandes quantidades está relacionada à ação prolongada de coliformes e das bactérias heterofermentativas, com prejuízo para o balanço energético entre a forragem verde e ensilada (MOISIO e HEIKONEN, 1994).

Quanto à relação N-NH<sub>3</sub>/NT, o teor de N-NH<sub>3</sub>/NT junto com o valor de pH são indicativos do processo fermentativo. Normalmente a quantidade de amônia é utilizada como indicador da atividade clostridial proteolítica. E muitos trabalhos concordam com a utilização deste parâmetro na indicação do grau de proteólise na silagem (McDONALD *et al.*, 1991). Tais preocupações são importantes, pois os altos níveis de proteólise nas silagens podem estar relacionados a baixos consumos voluntários e menor eficiência de síntese de proteína microbiana (VAN SOEST, 1994).

Embora muitas pesquisas concordem com a utilização do grau de proteólise na avaliação da qualidade das silagens, isto pode acarretar erros, pois o teor de amônia é apenas um indicador da quebra de aminoácidos. Segundo McDonald *et al.* (1991), pode ocorrer uma intensa proteólise sem um aumento significativo no conteúdo de amônia.

Conforme Van Soest (1994), as preocupações com os altos níveis de proteólise nas silagens podem estar relacionadas a baixos consumos

voluntários e menor eficiência de síntese de proteína microbiana. Ohshima e McDonald (1978) citam que a concentração de N-amoniaco em forragens é usualmente menor que 1%. Entretanto, a degradação protéica por enzimas das plantas e ação das bactérias lácticas, entéricas e de clostrídios alteram a composição da fração nitrogenada da silagem (NOGUEIRA, 1995).

O nitrogênio amoniacal da silagem é significativamente menor quando se ensilam materiais com valores altos de matéria seca e carboidrato solúvel em água (MCDONALD *et al.*, 1991). Gonçalves *et al.* (1999), ao compararem silagens de diferentes híbridos de sorgo, observaram também menores concentrações de N-amoniaco em silagens com maiores concentrações de MS.

A silagem é considerada de muito boa qualidade quando apresenta uma relação N-NH<sub>3</sub>/NT menor que 10%, boa entre 10% e 15%, média entre 15 e 20% e ruim quando maior que 20% (AFRC, 1987).

Silva *et al.* (1999), trabalhando com híbridos de sorgo, encontraram teores médios de N-NH<sub>3</sub> das silagens abaixo de 10% do N total, indicando que houve uma fermentação láctica adequada. Assim, a classificação da fermentação das silagens avaliadas, considerando o teor de N-NH<sub>3</sub>/NT, seria de muito boa qualidade. Em situações de fermentações secundárias na silagem, o N-solúvel e o N-amoniaco formam-se da ação de micro-organismos específicos, onde as concentrações desses metabólitos são conseqüências da extensão da atividade de colônias desses micro-organismos em microambientes favoráveis ao seu crescimento no interior do silo (VAN SOEST, 1994).

A diferença encontrada entre genótipos indica que a proteólise pode estar associada a diversos fatores, não somente ao teor de MS, mas à quantidade de carboidratos fermentáveis (MEESKE *et al.* 1993), à concentração proteica (MOISIO e HEIKONEN, 1994), à umidade de colmo e aos teores de tanino (BORGES *et al.*, 1997), ao pH, ao tempo de ensilagem e à temperatura de fermentação da silagem (RODRIGUES *et al.*, 1998).

Ao considerar o pH das silagens, mesmo não sabendo sua velocidade de redução durante o processo de fermentação, a silagem pode ser classificada, segundo Borges *et al.* (1997), como de boa qualidade (pH = 4,4), e silagens que apresentarem valores de pH inferiores a 3,8 podem ser classificadas como de muito boa qualidade.

Os valores de pH das silagens bem conservadas variam entre 3,6 e 4,2. Estas apresentam altas proporções de ácido láctico em relação aos outros ácidos, desde que não se usem aditivos para restringir a fermentação (FAIRBAIRN *et al.*, 1992).

Considerando o conteúdo de carboidratos solúveis, em condições experimentais, Petterson e Lindgren (1990) demonstraram que foram necessários 2,5% de carboidrato solúvel na matéria natural da planta de sorgo para promover redução do pH a valores inferiores a 4,2 e manter os níveis de nitrogênio amoniacal abaixo de 8% do nitrogênio total. Borges (1995), Nogueira (1995), Bernardino (1996) e Rocha Júnior (1999) encontraram valores superiores a 3,5% de carboidratos solúveis totais no material a ensilar (alguns obtiveram valores superiores a 10%).

Variedades de colmo suculento e sacarino e de porte alto têm geralmente a concentração de carboidratos solúveis mais elevadas (BORGES, 1995).

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido na fazenda Experimental da UNIMONTES, em Janaúba, Norte de Minas Gerais, situada nas coordenadas geográficas: latitude-Sul 15°43'833", longitude WGr. 43°19'590" e altitude de 525 metros em relação ao nível do mar. O solo ocorrente é da ordem dos latossolos eutróficos, subordem vermelho-amarelos, classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). Quanto à Capacidade de Uso pertence ao Grupo A no qual é possível a prática intensiva da agricultura, e Classe I aparentemente sem problemas especiais de conservação, conforme a IVª Aproximação do Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra, desenvolvido por Lepsch *et al.* (1983). O Clima é Aw tropical úmido (megatérmico) de savana com inverno seco e verão chuvoso segundo Classificação Climática de Köpen.

Foram coletadas amostras de solo do horizonte superficial (0 a 20 cm), coincidindo aproximadamente com a camada de aradura, onde se desenvolve a maior parte das raízes. Após a coleta, o solo foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira de malha grossa, para então serem retiradas amostras para análise em laboratório. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Ciências Agrárias da UNIMONTES. Baseada na análise de solo foi realizada a correção, a adubação e posteriormente o plantio. Na adubação de plantio foram utilizados 300 kg/ha da formulação 04-30-10. Uma adubação de cobertura foi feita aos 35 dias usando-se 60 kg/ha de N tendo como fonte a Uréia.

**Quadro 1. Caracterização físico-química do solo da área experimental (profundidade: 0 a 20 cm)<sup>1</sup>**

Atributos	Valores
pH em água	6,3
P (mg/dm <sup>3</sup> )	3,7
K <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	126
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,6
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,5
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,1
H + Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,6
SB (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,6
t (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,7
T (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	5,2
m (%)	4,0
V (%)	50
Matéria orgânica (dag/Kg)	1,5
Areia (dag/Kg)	65
Silte (dag/Kg)	20
Argila (dag/Kg)	15

<sup>1</sup>Laboratório de Solos do Departamento de Ciências Agrárias da UNIMONTES.

Foram utilizados cinco genótipos de sorgo, sendo três forrageiros (volumax, BRS 610 e Qualimax), um duplo-propósito (AG2005E) e um de corte e pastejo (AG 2501) que foram semeados, colhidos e ensilados. Os cinco genótipos de sorgo foram semeados em junho de 2007 e o corte realizado em agosto do mesmo ano. O plantio foi realizado em blocos casualizados no campo, com quatro repetições por genótipo num total de vinte (20) parcelas com seis linhas de seis (6) metros de comprimento e setenta (70) centímetros de espaçamento entre linhas. O número de sementes semeadas por metro linear em cada parcela foi de vinte (20) para os genótipos volumax, BRS610, Qualimax e AG2005E e após a emergência das plântulas foi realizado um desbaste em cada

parcela adequando o número de plantas por metro linear com o genótipo em questão. Para o volumax e BRS 610, foram deixadas 10 plantas por metro linear, com um estande final de 140.000 plantas/ha. Para o Qualimax e AG 2005E, o número de plantas por metro linear foi de 12, com um estande final de 160.000 plantas/ha. Já o AG 2501 que é de corte e pastejo, o número de sementes por metro linear foi de 35, objetivando um número de plantas por metro linear entre 22 a 26 plantas com um estande final de 350.000 a 400.000 plantas/ha. As avaliações foram efetuadas em quatro linhas de cada parcela do canteiro, eliminando-se 1 m nas extremidades de cada linha e as duas linhas laterais de cada parcela (bordaduras). Assim, nas duas linhas centrais foram realizadas as avaliações das características agronômicas e, nas duas linhas intermediárias, as características nutricionais da silagem produzida.

Foram efetuadas as seguintes avaliações: nas duas fileiras centrais de cada parcela foram avaliados: número de plantas acamadas, obtido pela contagem na área útil da parcela, das plantas que apresentarem um ângulo de inclinação maior que 45° em relação ao eixo vertical; número de plantas quebradas, obtido pela contagem das plantas quebradas, na área útil da parcela, por ocasião do corte; estande final, número de plantas na área útil da parcela contada por ocasião do corte; altura no momento do corte; produção de matéria verde, obtida a partir da pesagem de todas as plantas da área útil da parcela, realizada após corte a quinze (15) centímetros do solo; peso das hastes; obtido pela pesagem das hastes de 20% das plantas da área útil da parcela; peso das folhas, obtido pela pesagem das folhas de 20% das plantas da área útil da parcela, e peso da panícula, obtido pela pesagem das panículas de 20% das plantas da área útil da parcela.

Quanto às duas fileiras intermediárias de cada parcela, foram utilizadas para a ensilagem quando cada genótipo apresentou teor de matéria seca entre 30 e 35% adequado ao processo de ensilagem. Foram utilizados silos

de laboratório feitos de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento. A forrageira foi picada em picadeira estacionária e prensada com soquete de madeira. Os silos foram vedados, no momento da ensilagem, com tampas de PVC providas de válvulas tipo Bunsen e lacradas com fita crepe, sendo pesados antes e após a ensilagem. Foram feitas quatro repetições por tratamento e três réplicas por parcela sendo confeccionados um total de sessenta (60) silos, que foram abertos após 56 dias de ensilagem.

No momento da abertura dos silos, o material foi homogeneizado e extraídos aproximadamente 200 ml de suco da silagem com auxílio de um prensa hidráulica, para determinação dos valores de pH, nitrogênio amoniacal, ácidos graxos voláteis e ácido láctico. Parte do material foi colocada em bandeja de alumínio, pesada e posteriormente pré-seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. As amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário com peneira de malha de 1 mm e em seguida guardadas em vidros com tampa para análises posteriores. Foram feitas determinações dos conteúdos de matéria seca (MS) a 105 °C (AOAC, 1980), e foram determinadas ainda as porcentagens de proteína bruta (PB) e conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (segundo AOAC International, 1995), ácido láctico, acético, propiônico e butírico (cromatografia líquida-gasosa, segundo AOAC international, 1995), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina pelo método sequencial de Robertson e Van Soest (1981) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (TILLEY e TERRY, 1963). A partir do suco da silagem foram determinados os valores de pH empregando-se um potenciômetro com escala expandida e os valores de nitrogênio amoniacal por destilação com óxido de magnésio (AOAC, 1995).



Os dados foram submetidos às análises de variância por meio do programa SISVAR (Sistema de análise de variância) e para a comparação das médias foi o teste de agrupamentos Scott-Knot ao nível de significância de 5%.

O modelo estatístico  $Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$

Onde:

$Y_{ij}$  = Valor referente à observação do híbrido  $j$  no bloco  $i$ ;

$\mu$  = média geral;

$t_i$  = efeito de tratamento do híbrido  $j$  ( $j = 1,2,3,4,5$ );

$b_j$  = efeito de bloco  $i$  ( $i = 1,2,3,4$ );

$e_{ij}$  = erro experimental associado à experimentação.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Características Agronômicas

Os valores médios das características agronômicas dos cinco genótipos de sorgo aparecem na Tabela 1.

**Tabela 1** - Número médio de plantas por hectare (N° Pl ha<sup>-1</sup>), valores médios de altura em metros, produção de matéria verde (PMV) e produção de matéria seca (PMS), em toneladas por hectare, de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno

Parâmetros	Volumax	AG2005E	Qualimax	BRS610	AG2501	CV%
N°Pl ha <sup>-1</sup>	147.399,94 <sup>b</sup>	156.142,79 <sup>b</sup>	152.942,74 <sup>b</sup>	150.285,65 <sup>b</sup>	362.381,06 <sup>a</sup>	4,50
Altura (m)	1,91 <sup>b</sup>	1,63 <sup>c</sup>	1,73 <sup>c</sup>	1,75 <sup>c</sup>	2,40 <sup>a</sup>	6,90
PMV(t ha <sup>-1</sup> )	28,84 <sup>a</sup>	27,26 <sup>a</sup>	25,19 <sup>b</sup>	29,49 <sup>a</sup>	21,55 <sup>b</sup>	14,70
PMS (t ha <sup>-1</sup> )	8,94 <sup>a</sup>	9,08 <sup>a</sup>	8,00 <sup>b</sup>	9,98 <sup>a</sup>	7,54 <sup>b</sup>	14,71

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas, na mesma linha, significam semelhança estatística ( $p>0,05$ ) pelo Teste Scott-Knott.

Quanto aos valores de número de plantas por hectare, foi observada diferença ( $p>0,05$ ) entre o genótipo AG2501, que superou todos os demais genótipos apresentando valor de 362.381,06; enquanto o Volumax, AG2005E, Qualimax e o BRS610 tiveram valores inferiores 147.399,94, 156.142,79, 152.942,74 e 150.285,65, respectivamente. A diferença do AG2501 sobre os demais, que em termos numéricos superou duas vezes, está em virtude de este genótipo ser mais específico para corte e pastejo direto, uma vez que é necessário maior número de sementes no momento do plantio.

Oliveira *et al.* (2005), estudando o comportamento agrônômico de quatro cultivares de sorgo, encontraram valores superiores aos do experimento. Os autores determinaram densidade com variação de 167,27 a 212,85 mil plantas por hectare.

Os valores de N°Pl/ha foram próximos aos encontrados por Von Pinho *et al.* (2006) que, avaliando as características agrônômicas dos genótipos de sorgo

granífero, duplo-propósito e forrageiro, observaram para todos os grupos de cultivares 167,43; 143,71 e 127,60 mil plantas por hectare, respectivamente.

Estudando seis híbridos de sorgo, Molina *et al.* (2000) encontraram estande final variando de 106; 98; 87; 96; 105 e 99 mil plantas por hectare respectivamente para os genótipos AG2006, CMSXS756, BR601, BRS701, BR303 e BR304; valores esses inferiores aos obtidos neste trabalho.

Para o genótipo AG2501 (corte e pastejo direto), o resultado encontrado neste trabalho é inferior àquele reportado por Ferreira (2008) pesquisando o potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim Sudão mutante, no qual obteve estande médio final de 505,9 mil plantas/ha.

Os valores médios de altura variaram de 1,63 a 2,40 m. Foi observada diferença ( $p>0,05$ ) entre os genótipos; AG2501 (2,40m) superou todos os demais, enquanto que o Volumax (1,91 m) superou o AG2005E (1,63 m), Qualimax (1,73 m) e BRS610 (1,75 m) que não diferiram entre si. O AG2501 teve maior altura pelo fato de porte alto ser uma característica intrínseca deste genótipo. Também pode ter havido alguma influência fenotípica em função da maior densidade populacional. Já a diferença encontrada no Volumax pode ser explicada pela melhor resposta de crescimento no período de inverno.

O potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim-Sudão foi avaliado por Gontijo *et al.* (2008) cujas alturas observadas pelos pesquisadores foram de 0,90; 0,83; 0,94; 0,95; 0,94 e 0,89 m de altura, respectivamente para os híbridos comerciais AG2501C e BRS800 e os híbridos experimentais (ATF 54 x CMSXS 912, CMSXS 156 x CMSXS 912, CMSXS 157 x CMSXS 912 e CMSXS 210 x CMSXS 912).

Avaliando os aspectos agrônômicos de híbridos de sorgo, Chiesa *et al.* (2008) obtiveram altura de planta para os materiais AG2005E, AG60298 e o BR101 de 1,72, 2,16 e 2,52 m, respectivamente.

Os valores médios de altura determinados por Ferreira (2008), analisando o potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes, portadores de nervura marrom, submetidos a regime de cortes sucessivos, foram de 1,15, 1,13 e 0,91m para o 1º, 2º e 3º cortes.

Oliveira *et al.* (2005), estudando o comportamento agrônomico de quatro cultivares de sorgo, determinaram altura das plantas da ordem de 2,12 a 2,74 m.

Analisando seis híbridos de sorgo, Molina *et al.* (2000) verificaram que o AG2006, CMSXS756, BR601, BRS701, BR303 e BR304 obtiveram altura de planta de 2,3; 2,4; 1,8; 2,7; 1,5 e 1,0 m, respectivamente.

O dado de altura encontrado por Neumann *et al.* (2005) pesquisando o comportamento agrônomico produtivo do híbrido de sorgo AG2002 de caráter forrageiro foi de 2,28 m de altura.

Von Pinho *et al.* (2006), avaliando as características dos genótipos de sorgo AG1018 (granífero), DKB860 (granífero), AG2005E (duplo-propósito), Massa3 (duplo-propósito), Volumax (forrageiro) e BRS610 (forrageiro), constataram que as alturas médias das plantas variaram de 1,46 m para os sorgos graníferos; 1,79 m para os duplos-propósitos e 2,66 m para os sorgos forrageiros.

Em relação aos valores de PMV ( $t\ ha^{-1}$ ), foi observada diferença significativa ( $p>0,05$ ), visto que as maiores produções foram observadas nos genótipos Volumax (28,84), AG2005E (27,26) e BRS610 (29,49), que não diferiram entre si, e foram superiores ao Qualimax (25,19) e AG2501 (21,55) que foram semelhantes entre si. A diferença pode ser explicada pelo fato do genótipo Qualimax não ter expressado todo o seu potencial de produção de massa no cultivo invernal enquanto que o AG2501, pela sua maior densidade populacional, apresenta menor diâmetro de colmos refletindo no menor peso da planta e conseqüentemente na menor produção por unidade de área.

Ferreira (2008), determinando o potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes, portadores de nervura marrom, submetidos a regime de três cortes sucessivos, encontrou produções médias de matéria verde de 55,8 t ha<sup>-1</sup> cuja média é inferior ao encontrado neste experimento.

Chiesa *et al.* (2008), avaliando os aspectos agronômicos de híbridos de sorgo, determinaram produções de MV para o sorgo AG2005E, AG60298 e BR101 de 42,56 t ha<sup>-1</sup>, 39,68 t ha<sup>-1</sup> e 83,20 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, valores superiores ao deste experimento.

Mello *et al.* (2003), analisando a produtividade e a qualidade de um híbrido de sorgo submetido a dois cortes, 50 e 85 dias após a emergência, observaram que as produções de MV não diferiram ( $p>0,05$ ) entre os cortes, sendo a produção de MV de 10,62 t ha<sup>-1</sup> no primeiro corte e 11,85 t ha<sup>-1</sup> no segundo corte, valores próximos ao deste experimento.

Lima *et al.* (2007), avaliando a cultivar de sorgo forrageiro (cultivar BRS-Ponta-Negra) de alta produtividade de grãos, forragens e capacidade de rebrota obtiveram produção de Massa Verde de 38,50 t ha<sup>-1</sup> no primeiro corte; 29,09 t ha<sup>-1</sup> no segundo corte; 21,83 t ha<sup>-1</sup> no terceiro corte e 19,68 t ha<sup>-1</sup> no quarto corte.

Gontijo (2003) obteve produções médias de 12,78 e 17,8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para a primeira e segunda épocas de corte, ambas no final de setembro, trabalhando com híbridos diferentes, mas nas mesmas condições de cultivo. Raupp *et al.* (1999) encontraram valores variando de 9,6 a 12,7 t ha<sup>-1</sup> no primeiro corte e 16,6 a 19,8 t ha<sup>-1</sup> no segundo corte, com idades de 53 dias após o plantio e 28 dias de rebrota, respectivamente. Tomich *et al.* (2001) obtiveram produções de matéria verde variando de 8,3 a 13,8 t ha<sup>-1</sup> para 12 híbridos avaliados aos 29 dias de rebrota após o primeiro corte, quando as plantas alcançaram altura superior a 80 cm e produções de matéria verde total oscilando entre 50,3 a 85,7 t ha<sup>-1</sup>, em três cortes.

Ribas *et al.* (2002) encontraram produções totais de matéria verde variando de 43,3 a 61,3 t ha<sup>-1</sup> para doze híbridos colhidos aos 55 dias após o plantio, e com 29 e 30 dias de rebrota.

A literatura é bastante controversa com relação aos dados de produção de massa verde tendo em vista a grande quantidade de materiais estudados bem como os tipos de sorgo utilizados (forrageiro, duplo-propósito ou corte e pastejo), apresentado valores abaixo e acima dos obtidos neste experimento. A produtividade da cultura do sorgo para silagem é afetada por diversos fatores relacionados ao meio, havendo enorme variação nas diferentes regiões do país e sob as distintas condições de avaliação (PEDREIRA *et al.*, 2003; MELLO *et al.*, 2004).

Quando avaliadas as produções médias de matéria seca (PMS) em (t ha<sup>-1</sup>), os genótipos Volumax (8,94), AG2005E (9,08) e BRS610 (9,98) foram semelhantes entre si e superiores aos Qualimax (8,00) e AG2501 (7,54) que também não diferiram entre si. Estes valores estão relacionados com os da produção de matéria verde já que está em função do teor percentual de matéria seca encontrado no momento de corte, o que justifica também a diferença encontrada no experimento.

Chiesa *et al.* (2008) obtiveram produções de 19,8 t ha<sup>-1</sup>, 26,4 t ha<sup>-1</sup> e 29,96 t ha<sup>-1</sup>, trabalhando com os aspectos agrônômicos dos híbridos de sorgo AG2005E, AG60298 e BR101, respectivamente. Esses valores são superiores ao deste experimento.

Gontijo *et al.* (2008), estudando o potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim-sudão, observaram produções de 9,04; 7,33; 9,13; 7,48; 7,83 e 6,85 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente para os híbridos comerciais AG2501C e BRS800 e os híbridos experimentais (ATF 54 x CMSXS 912, CMSXS 156 x CMSXS 912, CMSXS 157 x CMSXS 912 e CMSXS 210 x CMSXS 912), valores próximos ao deste experimento.

Neumann *et al.* (2005), determinando o comportamento agronômico produtivo do híbrido de sorgo AG2002 de caráter forrageiro, encontraram produção de 9,4 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca ensilável.

A produtividade média de MS alcançada por Ferreira (2008) avaliando o potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes, portadores de nervura marrom, submetidos a regime de cortes sucessivos foi de 7,1 t ha<sup>-1</sup>, valor próximo ao encontrado para o AG2501.

Avaliando as características agronômicas dos genótipos de sorgo AG1018 (granífero), DKB860 (granífero), AG2005E (duplo-propósito), Massa3 (duplo-propósito), Volumax (forrageiro) e BRS610 (forrageiro), Pinho *et al.* (2006) observaram variações na produtividade de matéria seca de 9,0 t ha<sup>-1</sup> para os graníferos; 10,8 t ha<sup>-1</sup> para os duplos-propósitos e 14,4 t ha<sup>-1</sup>, para os forrageiros.

Os valores médios das percentagens de folhas, panículas e colmos dos cinco genótipos de sorgo aparecem na Tabela 2.

**Tabela 2** - Percentuais médios da relação folha, panícula e colmo de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno com base no peso da matéria verde obtida no momento do corte.

Parâmetros	Volumax	AG2005E	Qualimax	BRS610	AG2501	CV%
Folha (%)	19,16 <sup>b</sup>	22,50 <sup>a</sup>	17,63 <sup>c</sup>	13,68 <sup>d</sup>	13,97 <sup>d</sup>	5,52
Panícula (%)	9,34 <sup>a</sup>	10,18 <sup>a</sup>	8,57 <sup>a</sup>	10,27 <sup>a</sup>	4,66 <sup>b</sup>	21,67
Colmo (%)	71,47 <sup>c</sup>	67,32 <sup>d</sup>	73,80 <sup>c</sup>	76,05 <sup>b</sup>	81,46 <sup>a</sup>	2,68

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas, na mesma linha, significam semelhança estatística (p>0,05) pelo Teste Scott-Knott.

Quanto aos valores percentuais de folhas, foi observada diferença (p>0,05) entre o genótipo AG2005E, que superou todos os demais genótipos apresentando valor de 22,50; enquanto o Volumax, com 19,16 foi superior ao Qualimax com 17,63, superando o AG2501 e o BRS610 que tiveram valores inferiores 13,97 e 13,68, respectivamente. A diferença observada entre os

genótipos está em função das características dos diferentes tipos de material utilizados, não sendo influenciados pelo meio e nem pela época de plantio.

Chiesa *et al.* (2008), avaliando os aspectos agronômicos de híbridos de sorgo, constataram, para a porcentagem de folha na matéria verde, que a maior produção foi para o BR101 (16,38%) em relação aos demais híbridos. O AG2005E (14,05%) produziu relativamente maior quantidade que o AG60298 (4,76%).

A porcentagem de folhas determinada por Oliveira *et al.* (2005), ao estudarem o comportamento agronômico de quatro cultivares de sorgo, apresentou variação de 11,53 a 13,56. Gourley e Lusk (1997) encontraram proporção de 17,4 a 26,3% de folhas na planta de sorgo. Em sorgos de porte alto, Borges (1995) verificou proporções de folhas variando de 12,7 a 14,5%. Em sorgos de porte médio, Bernardino (1996) registrou proporções de 39,0%.

Neumann *et al.* (2005) constataram porcentagem de folhas na planta de sorgo (AG2002) de 20,8. Oliveira (2008) determinou proporção de 10,8% de folha para o sorgo forrageiro BR601.

Pedreira *et al.* (2003), avaliando as características agronômicas dos híbridos de sorgo BR-700, Massa-03, AG-2005, 699005, 698007, 698005, 498111 e 65E3 no estágio de grão farináceo, observaram porcentagens de folha de 27,8; 32,5; 29,5; 34,4; 28,7; 33,4; 29,6 e 26,7%, respectivamente para os híbridos.

Com relação à porcentagem de panícula, os genótipos Volumax (9,34), AG2005E (10,18), Qualimax (8,57) e BRS610 (10,27) não diferiram entre si e foram superiores ao AG2501 (4,66). A diferença pode ser explicada pelo fato de o AG2501 ser um híbrido forrageiro para corte e/ou pastejo proveniente de cruzamentos de espécies do gênero *Sorghum* com alta porcentagem de caule (81,46) em detrimento de folhas (13,97) e, principalmente baixa proporção de panícula (4,66). Usa-se como macho uma linhagem de capim-Sudão (*Sorghum*



*sudanense*) e, como fêmea, uma linhagem de sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) (RAUPP *et al.*, 1999).

Todos os valores obtidos neste experimento foram baixos, bem como foi baixa a sua participação na relação colmo:folha:panícula. O baixo teor de panícula de todos os genótipos deve-se ao ataque de pássaros, que removeram grande quantidade de grãos, pois a época de cultivo agiria positivamente no desenvolvimento da panícula, visto que em noites longas ocorre a diferenciação floral mais cedo, havendo mais tempo para o crescimento da panícula.

A presença de grãos e/ou panículas na massa ensilada contribui para a obtenção de silagens de alto valor nutricional e adequado processo fermentativo. A confecção de silagens com maior proporção de panículas permitiria consumo mais elevado, pela redução linear dos teores de FDN (CABRAL *et al.* 2003).

Gourley e Lusk (1997) registraram proporção de panícula variando de 5,2 a 64,6%. Em sorgos de porte alto, Borges (1995) encontrou proporção de panícula na matéria seca entre 22,2 e 27,1%. Em sorgos de porte médio, Bernardino (1996) verificou proporção de 17,2%.

Quanto às porcentagens de colmo, houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os genótipos. A maior foi do AG2501 (81,46) que superou todos os demais, enquanto o BRS610 obteve (76,05), diferindo do Volumax (71,47) que foi semelhante ao Qualimax (73,80), superando o AG2005E (67,32).

O AG2501 foi superior por se um híbrido forrageiro para corte e/ou pastejo proveniente de cruzamento de capim-Sudão (*Sorghum sudanense*) com alta porcentagem de colmo em detrimento de folhas e, principalmente de panícula. O BRS610 obteve o segundo maior percentual por ser um híbrido precoce, que apresenta desenvolvimento mais rápido, enquanto que o Volumax e o Qualimax, por serem forrageiros, tiveram participação esperada para este tipo. Consequentemente, o AG2005E foi inferior por ser um duplo-propósito.

Gourley e Lusk (1997) encontraram proporção de colmo na planta de sorgo que variaram de 17,1 a 72,8% na matéria seca. Em sorgos de porte alto, Borges (1995) verificou proporção de colmo na matéria seca entre 59,9 e 64,4%. Em sorgos de porte médio, Bernardino (1996) registrou proporção média de 47,8%,

As diferenças nos teores de folhas, panícula e caule encontradas neste experimento podem ser em função dos diferentes tipos de sorgo utilizados (forrageiros, duplo-propósito ou corte e pastejo), estágio de maturação da planta no momento do corte e diferenças na relação colmo:folha:panícula dos sorgos utilizados em cada experimento.

Gontijo Neto *et al.* (2000), avaliando a composição física da planta e diferentes híbridos de sorgo, verificaram valores de 42,2; 20,7 e 37,1% (AGX-213), 52,9; 17,0 e 30,2% (AG-2002) e 29,9; 18,7 e 51,4% (AG-2005E), respectivamente, para os componentes físicos colmo, folhas e panícula. Todavia, Neumann (2001), analisando a estrutura física da planta de diferentes híbridos de sorgo, verificou valores de 45,1; 30,3 e 24,6% (AGX-213); 56,8; 18,9 e 24,3% (AG-2002); 36,3; 32,4 e 31,3% (AGX-217) e 20,1; 21,5 e 58,4% (AG-2005E), para os componentes colmos, folhas e panícula, respectivamente.

Bruno *et al.* (1992) observaram, respectivamente, percentagens de colmo, folha e panícula na matéria seca de 65,8; 22,6 e 11,6% para o sorgo forrageiro, e 38,5; 37,7 e 23,8% para o sorgo de duplo propósito. Entretanto, Bernardino (1996), trabalhando com sorgos de porte médio, encontrou proporções de colmo, folha e panícula de 47,78; 39,00 e 17,22%, respectivamente.

Segundo Zago (1991), das frações da planta de sorgo, o colmo é a porção que menos contribui para a elevação do teor de MS seguido pelas folhas e panícula. Assim, o aumento na participação da panícula na estrutura física da planta torna-se o principal responsável pela alteração no teor de MS e a

consequente antecipação de colheita para ensilagem. O teor de MS ideal para ensilagem seria entre 30 e 35% (VAN SOEST, 1994).

As empresas de melhoramento estavam desenvolvendo híbridos com bom equilíbrio entre colmo, folhas e panícula para que se pudesse aliar boa produtividade de matéria seca e bom valor nutritivo (ZAGO, 1991). No entanto, os critérios para desenvolvimento e/ou seleção de híbridos de sorgo para produção de silagem não devem se limitar apenas às características fenotípicas dos materiais, mas considerar a eficiência alimentar e a resposta econômica dos animais, frente às suas exigências nutricionais (NEUMANN, 2003).

#### 4.2 – Características Nutricionais

Os teores médios de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Hemicelulose (Hcel), Celulose (Cel) e Lignina (Lig) dos cinco genótipos de sorgo aparecem na Tabela 3.

**Tabela 3** - Teores médios de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Hemicelulose (Hcel), Celulose (Cel) e Lignina (Lig)

Parâmetros	Volumax	AG2005E	Qualimax	BRS610	AG2501	CV%
MS total (%)	31,01 <sup>b</sup>	33,33 <sup>a</sup>	31,75 <sup>b</sup>	33,84 <sup>a</sup>	34,99 <sup>a</sup>	4,92
PB (%) <sup>1</sup>	6,46 <sup>b</sup>	7,06 <sup>a</sup>	5,94 <sup>c</sup>	5,92 <sup>c</sup>	5,84 <sup>c</sup>	4,51
FDN (% <sup>1</sup> )	60,94 <sup>a</sup>	61,32 <sup>a</sup>	59,75 <sup>a</sup>	59,08 <sup>a</sup>	61,85 <sup>a</sup>	2,70
FDA (% <sup>1</sup> )	34,89 <sup>a</sup>	34,53 <sup>a</sup>	32,39 <sup>b</sup>	33,60 <sup>b</sup>	35,66 <sup>a</sup>	3,74
Hcel (% <sup>1</sup> )	26,04 <sup>a</sup>	26,79 <sup>a</sup>	27,36 <sup>a</sup>	25,48 <sup>a</sup>	26,19 <sup>a</sup>	5,34
Cel (% <sup>1</sup> )	27,75 <sup>a</sup>	27,23 <sup>a</sup>	26,05 <sup>b</sup>	25,69 <sup>b</sup>	28,45 <sup>a</sup>	4,39
Lignina (% <sup>1</sup> )	7,14 <sup>b</sup>	7,30 <sup>b</sup>	6,34 <sup>c</sup>	7,91 <sup>a</sup>	7,21 <sup>b</sup>	5,95

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas, na mesma linha, significam semelhança estatística ( $p > 0,05$ ) pelo Teste Scott-Knott. <sup>1</sup>Base matéria seca.

Ao analisar os teores de matéria seca, pode-se observar que os genótipos AG2501 (34,99), BRS610 (33,84) e AG2005E (33,33) foram semelhantes entre

si, e superiores ao Volumax (31,01) e Qualimax (31,75) que não diferiram entre si.

O AG2005E foi superior por ser um duplo-propósito, apresentando maior teor de panícula e, de acordo com Carvalho *et al.* (1992), a panícula apresenta grandes ganhos em curto período. Quanto ao BRS610, a sua superioridade se explica pelo fato de ser um híbrido precoce, que completa seu ciclo vegetativo mais cedo e, portanto em estágio de maturação mais avançado no momento do corte. Quando materiais precoces são colhidos em épocas tardias, o teor de MS pode ser afetado pela maior senescência de folhas e material morto. O AG2501, sendo um híbrido para corte e pastejo, possui maior estande populacional e maior altura, o que eleva o percentual de colmo (81,44%). O Volumax e o Qualimax foram inferiores aos demais por serem tardios, mas apresentaram teores normais para ensilagem no momento em que foram cortados.

Os valores de MS obtidos foram maiores que os relatados por Silva (1996), que ao trabalhar com sorgos de porte alto, médio e baixo observou médias de 25,27 a 31,02%. Araújo *et al.* (2007), determinando qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação, encontraram valores de MS entre 28,85 e 57,37%, que são diferentes dos registrados neste experimento.

Rodrigues Filho *et al.* (2006), mensurando a produção do híbrido de sorgo BRS610, obtiveram 22,86% de MS, sendo este valor inferior ao encontrado neste experimento para o mesmo material. Souza *et al.* (2003) constataram valores de MS que variaram entre 23,3 e 38,5%, avaliando silagens de híbridos de sorgo colhidos no estágio de grão farináceo duro.

Os teores de matéria seca encontrados nos materiais estão na faixa ideal para ensilagem, entre 30 e 35%, proposto por Van Soest (1994), em que é possível ocorrer boa compactação uma vez que garante anaerobiose e bom desenvolvimento das bactérias lácticas. Conforme Paiva (1976), a porcentagem

de MS do sorgo varia de acordo com a idade de corte, natureza do colmo (suculência) e com a proporção dos diferentes constituintes dessa forrageira (colmo, folha e panícula) e recomenda valores de MS entre 30 e 35% para silagem de boa qualidade. Teores acima dessa faixa podem dificultar a compactação e favorecer a atuação de fungos e leveduras. De outra forma, a literatura consolidou que a ensilagem de plantas com teores abaixo de 30% pode provocar perdas, resultando em silagem de baixa qualidade, em função da lixiviação dos nutrientes, elevada formação de ácido butírico e intensa degradação da proteína. No entanto, McDonald *et al.* (1991) afirmaram que um teor de MS igual ou superior a 20% associado a um adequado teor de carboidratos solúveis seriam suficientes para se produzir uma silagem de boa qualidade.

Zago (1991) reportou para o sorgo AG 2002, de colmo suculento, 21,1; 24,9; 30,9 e 29,3% de matéria seca nos estádios de grãos leitosos, pastosos, farináceos e duros, respectivamente. No entanto, para o sorgo AG 2005E de colmo seco, 29,1; 33,4; 38,7 e 48,9% de matéria seca, respectivamente para os mesmos estádios citados anteriormente.

Para os teores de proteína bruta, observou-se que o genótipo AG2005E (7,06%) foi superior ao genótipo Volumax (6,46), superando ainda os genótipos Qualimax (5,94), BRS610 (5,92) e AG2501 (5,84) que foram equivalentes entre si. A superioridade do AG2005E está em função deste ser um híbrido duplo-propósito e apresentar maior proporção de grãos e folhas, enquanto que para o Volumax pode ser pela maior proporção de folhas (19,16) sobre os demais. Todos apresentaram valores de PB necessários para o bom desenvolvimento da microbiota ruminal (VAN SOEST, 1994).

Cândido *et al.* (2002), analisando o valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo sob doses crescentes de adubação, observaram que o teor de PB diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os híbridos, com valores variando de 5,84 a 8,68%, registrando-se

maiores valores para a silagem do híbrido AG2005E em todas as doses de adubo. A explicação, segundo esses autores, foi pela maior participação de panícula nesse híbrido (52,43%) e, portanto, maior teor de PB, conforme relatado por Gontijo Neto (1999). Maiores teores de PB em silagens com maior proporção de panículas também foram mencionados por Bruno *et al.* (1992), Genro *et al.* (1995), McCormick *et al.* (1995), Chaves *et al.* (1997) e Silva *et al.* (1999a). Os teores de PB observados neste experimento encontram-se dentro da faixa de 4,5 a 8,2% registrada por White *et al.* (1988).

O valor obtido neste experimento para o genótipo AG2005E foi superior aos encontrados por Neumann (2004) (6,21%), Neumann *et al.* (2002) (6,69%) e Chiesa *et al.* (2008) (5,93%), e inferior aos encontrados por Von Pinho *et al.* (2006) (9,2%), Pesce *et al.* (2000) (8,0%) e Von Pinho *et al.* (2007) (8,2%) ao trabalharem com sorgo duplo-propósito. Para o genótipo Volumax, Ribeiro *et al.* (2007) (6,07%) e Gomes *et al.* (2006) (6,42%) encontraram valores semelhantes ao do experimento, enquanto Von Pinho *et al.* (2007) (7,1%) obtiveram valor superior.

Rocha Júnior *et al.* (2000b), ao trabalharem com sete genótipos de sorgo, com diferentes suculências de colmo, encontraram variações de 4,9 a 10,3% para os teores de PB nas silagens. Silva (1996), ao utilizar sorgo de porte alto, obteve silagem com 6,49% de PB, valor semelhante ao deste experimento.

Von Pinho *et al.* (2006), avaliando as características nutricionais das silagens dos genótipos de sorgo AG2005E (duplo-propósito), Massa3 (duplo-propósito), Volumax (forrageiro) e BRS610 (forrageiro), obtiveram valores superiores de proteína bruta em relação ao deste experimento. Os valores encontrados pelos autores foram de 8,0 e 9,2% para os sorgos forrageiros e duplos-propósitos, respectivamente.

Silva *et al.* (1999a), trabalhando com silagem de híbridos de sorgo de porte baixo, médio e alto, com diferentes proporções de panícula na massa

ensilada, observaram aumento progressivo do teor de PB na silagem com a maior participação da panícula na estrutura física da planta. Os mesmos autores também observaram que a silagem da planta inteira do híbrido de sorgo duplo-propósito apresentou maior teor de PB (7,45%) que o forrageiro (6,22%), valores estes semelhantes aos do presente trabalho.

Os teores de PB da silagem de sorgo dependem da associação de diversos fatores, dentre eles, do comportamento agronômico da cultivar, estágio de maturação e condições edafoclimáticas da área de cultivo (GAGGIOTTI *et al.*, 1992).

Os teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) das silagens não diferiram entre si ( $p>0,05$ ), tendo variado de 59,08 a 61,85%, situando-se dentro da faixa de 39,2 a 71,9% citada por White *et al.* (1988) ao avaliarem a silagem de 80 cultivares de sorgo. Estes valores se encontram dentro da faixa registrada pela literatura (CÂNDIDO *et al.*, 1999). Tanto Bruno *et al.* (1992) quanto Borges (1995) registraram valores semelhantes a estes.

Von Pinho *et al.* (2007) observaram valores de FDN (42,9%), para sorgo duplo-propósito, inferiores aos encontrados neste experimento. Pesce *et al.* (2000) constataram valores de FDN (56,2%), inferior ao deste estudo, para o genótipo AG 2005E. Neumann (2004) encontraram para este mesmo genótipo valor de FDN superior (65,03%). Neumann *et al.* (2002) observaram, para o AG 2005E, valor de FDN semelhante (59,51%) ao deste experimento.

Von Pinho *et al.* (2006), avaliando as características nutricionais das silagens dos genótipos de sorgo duplo-propósito e forrageiros, verificaram percentuais de FDN de 47,2 e 50,1%, respectivamente para os sorgos duplo-propósitos e forrageiros, sendo esses valores inferiores aos valores deste experimento. Melo *et al.* (1998) e Resende *et al.* (2003) encontraram valores de FDN na cultura de sorgo variando de 44,8 a 60,4%.

Embora sejam genótipos diferentes, neste experimento os teores de FDN foram os mesmos no momento do corte para os materiais avaliados. De acordo com Pires (2006), há redução do teor de FDN com o avanço do estágio de maturação provavelmente em função do aumento de participação das panículas e redução da participação de colmos e folhas no material ensilado. Também Danley e Vetter (1973) registraram aumento do nível de FDN com o avanço do estágio de maturação do sorgo forrageiro.

Segundo Van Soest (1994), existe correlação alta e negativa entre FDN e consumo de matéria seca pelos ruminantes, podendo este parâmetro ser utilizado para predição da qualidade da forragem a ser consumida. De acordo com Mertens (1994), o elevado teor de FDN em forragens pode exercer influência sobre o consumo através do enchimento ruminal de animais podendo, dessa forma, afetar seu desempenho produtivo, a despeito da disponibilidade de outros nutrientes como a proteína bruta.

Quanto aos teores de Fibra em Detergente Ácido (FDA), não houve variação entre os genótipos AG2501 (35,66%), Volumax (34,89%) e AG2005E (34,53%) que foram superiores ao Qualimax (32,39%) e BRS610 (33,60%) ao nível de ( $p>0,05$ ). A superioridade do AG2501 e do Volumax está em função da altura dos mesmos 2,40 e 1,91 respectivamente, enquanto que para o AG2005E pela maior participação de panícula. Cândido et al. (2002) encontraram teores entre 27,23 e 37,66% ao avaliar cinco híbridos em doses crescentes de adubação. Estes valores também estão dentro da faixa de 27,1 a 49,4% observados por White et al. 1988.

Melo *et al.* (1998) e Resende et al. (2003) encontraram valores de FDA variando de 26,5 a 40,6%, em determinados genótipos de sorgo. Já Fonseca et al. (2002), ao estudarem características químicas das silagens de 60 cultivares de sorgo, verificaram variação para percentuais de FDA na matéria seca da silagem de 23,26 a 40,33%.



Von Pinho *et al.* (2007) observaram valores FDA (26,6%), para sorgo duplo-propósito, inferiores aos encontrados neste experimento. No entanto, Pesce *et al.* (2000) encontraram valores de FDA (32,9%) inferiores aos deste experimento para o genótipo AG 2005E. Neumann (2004) relataram para este mesmo genótipo valor de FDA inferior (30,53%). Neumann *et al.* (2002) observaram para o AG 2005E valor de FDA superior (35,76%).

Von Pinho *et al.* (2006), avaliando as características nutricionais das silagens dos genótipos de sorgo duplo-propósito e forrageiro, obtiveram valores percentuais de FDA próximos aos observados no presente trabalho. As variações foram de 33,1 e 35,4% para os sorgos duplos- propósitos e forrageiros, respectivamente.

Os teores de hemicelulose das silagens não diferiram entre si ( $p>0,05$ ) já que variaram de 25,48 a 27,36%. Estes valores são superiores aos encontrados por Pires (2007) que, ao avaliar quatro genótipos de sorgo com e sem tanino, obteve valores entre 19,81 e 22,80%.

Brito *et al.* (2000a), avaliando a silagem de quatro genótipos de sorgo de porte alto, colmo suculento e com açúcar, e três de porte baixo, colmo seco e sem açúcar, determinaram os valores de 21,7 a 24,2% de hemicelulose, sendo estes valores inferiores ao do presente experimento.

Para os teores de celulose encontrados nas silagens, em porcentagem da MS, observou-se que os genótipos Volumax (27,75), AG2005E (27,23) e AG2501 (28,45) foram semelhantes entre si e superiores ao Qualimax (26,05) e BRS610 (25,69) que também não diferiram entre si. Estes valores estão diretamente relacionados com os de FDA, pois a celulose é um importante componente dessa fração fibrosa (NOGUEIRA, 1995) e (BORGES, 1995).

Por ser o principal componente da FDA, a superioridade no teor de Celulose do AG2501 e do Volumax é explicada da mesma forma pela altura dos

mesmos 2,40 e 1,91 respectivamente, enquanto que para o AG2005E pela maior participação de panícula.

A composição nutricional da silagem de vinte genótipos de sorgo, sendo 11 forrageiros de porte alto, com colmo succulento e o restante de duplo propósito, de porte médio, com colmo seco, cortados aos 104 dias e ensilados em tubos de PVC dotados de válvula do tipo Bunsen, foi avaliada por Pesce *et al.* (2000) e o resultado obtido para celulose variou de 27,0 a 30,3%. Os valores de celulose do presente experimento foram próximos aos observados acima. Valores inferiores aos deste trabalho foram encontrados por (NOGUEIRA, 1995) e (BORGES, 1995).

Determinando o consumo e a digestibilidade da silagem de sorgo como alternativa para alimentação de ruminantes, Simon (2006) encontrou o valor de 35,71% de celulose, superior aos observados neste experimento.

As silagens de dois híbridos de sorgo forrageiros duplos-propósitos, colhidos no estágio leitoso/pastoso, apresentou de 19,53 a 25,13% para a celulose (VIEIRA *et al.*, 2004), os quais são inferiores aos valores do experimento em questão.

Os teores de lignina nas silagens, expressos em porcentagem da MS, foram: BRS610 (7,91) que foi superior ao Volumax (7,14), AG2005E (7,30) e AG2501 (7,21) que não diferiram entre si ( $p>0,05$ ) e foram superiores ao Qualimax (6,34). Para o BRS610, a superioridade está pelo fato deste ser um híbrido precoce sendo colhido em estágio mais avançado de maturação e, portanto, apresentando maior lignificação da parede celular. Quanto aos Volumax, AG2005E e AG2501, a igualdade nos teores de lignina encontrada está em virtude de apresentarem o mesmo estágio de maturação no momento do corte enquanto que o Qualimax apresentou menor teor de lignina por ser um híbrido mais tardio.

Estudando híbridos sem tanino no grão, sendo dois forrageiros e dois de duplo propósito, Neumann (2004) determinou para silagem aberta aos 40 dias: 7,43% de Lignina, valores estes próximos aos encontrados neste experimento.

Pesce *et al.* (2000), analisando a silagem de vinte genótipos de sorgo, sendo 11 forrageiros de porte alto, com colmo succulento e o restante de duplo propósito, de porte médio, com colmo seco, cortados aos 104 dias, obteve para lignina resultados que variaram de 3,1 a 4,5%. Os valores de lignina do presente experimento foram superiores aos observados acima.

Determinando o consumo e a digestibilidade da silagem de sorgo como alternativa para alimentação de ruminantes, Simon (2006) encontrou valor médio de lignina na silagem de 4,43%, inferior aos encontrados neste experimento.

Pires (2007), ao avaliar quatro genótipos de sorgo com e sem tanino, obteve valores entre 5,62 e 8,06%. Diversos autores encontraram aumento no teor de lignina do sorgo com o avanço do estágio de maturação (DANLEY e VETTER, 1973; HANNA *et al.*, 1981; GOTO *et al.*, 1991), esse aumento provavelmente ocorre em função da lignificação das partes vegetativas da planta com o avanço da maturação (MCBEE e MILLER, 1990).

Altos valores de Lignina indicam baixa participação de panículas na matéria original, tendo em vista que esta é a estrutura da planta que exerce maior influência sobre o valor nutritivo, ao mesmo tempo em que apresenta maior digestibilidade, e seu aumento na massa de forragem reduz os teores dos constituintes da fração fibrosa (NEUMANN *et al.*, 2003). De acordo com Van Soest (1994), o teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade, em função da incrustação dos polissacarídeos da parede celular, tornando-os menos acessíveis à ação das bactérias. A lignificação altera a taxa e a extensão da digestão das forrageiras.

Os níveis de lignina de uma forrageira são inversamente correlacionados com a digestibilidade da mesma (HANNA *et al.*, 1981; NOGUEIRA, 1995). O efeito antinutricional da lignina parece ser modulado pela natureza e pelo grau de suas associações com a parede celular, na forma de complexos lignina-carboidratos (GOTO *et al.*, 1991).

### 4.3 – Características de Silagem

Os valores médios das características de silagens dos cinco genótipos de sorgo aparecem na Tabela 4.

**Tabela 4** - Valores médios de pH, relação nitrogênio amoniacal / nitrogênio total (NH<sub>3</sub>/NT), ácido láctico, ácido acético e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno.

Parâmetros	Volumax	AG2005E	Qualimax	BRS610	AG2501	CV%
pH	4,08 <sup>a</sup>	4,04 <sup>a</sup>	4,08 <sup>a</sup>	3,93 <sup>a</sup>	4,10 <sup>a</sup>	2,84
NH <sub>3</sub> /NT (%) <sup>1</sup>	5,78 <sup>b</sup>	7,74 <sup>a</sup>	7,01 <sup>b</sup>	8,00 <sup>a</sup>	8,53 <sup>a</sup>	12,23
Ac. Láctico (%) <sup>1</sup>	5,47 <sup>b</sup>	5,87 <sup>b</sup>	5,86 <sup>b</sup>	6,82 <sup>a</sup>	4,40 <sup>c</sup>	8,82
Ac. Acético (%) <sup>1</sup>	1,48 <sup>b</sup>	1,49 <sup>b</sup>	1,50 <sup>b</sup>	1,10 <sup>c</sup>	2,28 <sup>a</sup>	17,13
DIVMS (%) <sup>1</sup>	52,22 <sup>b</sup>	54,66 <sup>a</sup>	56,46 <sup>a</sup>	56,38 <sup>a</sup>	51,38 <sup>b</sup>	2,75

Médias seguidas por letras minúsculas idênticas, na mesma linha, significam semelhança estatística (p>0,05). <sup>1</sup>Base Matéria seca

Os resultados dos valores médios para pH neste experimento variaram entre 3,93 e 4,10 nos genótipos estudados e não apresentaram diferença ao nível de (p>0,05) quando feitas as comparações estatísticas entre as médias

Segundo Paiva (1976), uma silagem muito boa apresenta valores de pH entre 3,6 e 3,8; uma silagem boa entre 3,8 e 4,2; uma silagem média entre 4,2 e 4,6, e uma ruim com valores de pH maiores que 4,6.

Todas as silagens tiveram pH próximo de 4,0 podendo, por isso, ser classificadas como ótimas. Outros autores, como Borges (1995) e Nogueira (1995), encontraram valores de pH semelhantes aos deste trabalho após o término do processo de fermentação de silagens de sorgo. Gaggiotti *et al.* (1992)

e Muck e O'kiely (1992) verificaram valores de pH entre 4,0 e 4,4 em silagens com padrão de fermentação considerado satisfatório. Está bem definido que os sorgos utilizados para silagem, no Brasil, geralmente têm um nível de carboidratos solúveis suficiente para uma boa fermentação, com consequente queda do pH (NOGUEIRA, 1995; BORGES, 1995). Dessa forma, os valores de pH encontrados permitem afirmar que em todos os tratamentos houve disponibilidade de carboidratos solúveis para uma adequada fermentação. A rápida queda do pH é fator necessário para que haja a interrupção das fermentações indesejáveis e consequente preservação da silagem. Vale ressaltar que as condições de ensilagem com silos de laboratório são ideais, e que, em condições de campo, a necessidade de carboidratos solúveis pode ser maior, em virtude das piores condições de ensilagem (PETTERSON E LINDGREN, 1990). Estes mesmos autores fizeram as considerações a respeito dos carboidratos solúveis, demonstrando que foram necessários 2,5% na matéria natural da planta de sorgo para ocasionar redução de pH, com valores inferiores a 4,2 e manter os níveis de nitrogênio amoniacal abaixo de 8% do nitrogênio total. Entretanto Borges (1995), Nogueira (1995), Bernadino (1996) e Rocha Junior (1999) encontraram valores superiores, 3,5% de carboidratos solúveis totais, para ensilar.

Estes valores de pH estão de acordo com a literatura, sendo o lactato o principal responsável pelo fornecimento de  $H^+$  ao meio e consequente abaixamento de pH (MOISIO e HEIKONEN, 1994).

Os valores médios percentuais da relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total ( $NH_3/NT$ ) foram: AG2501 (8,53), BRS610 (8,00) e AG2005E (7,74) que não diferiram entre si e foram superiores ao Qualimax (7,74) e Volumax (5,78) que foram semelhantes entre si ao nível de 5% de probabilidade. Os níveis de  $N-NH_3/NT$  estão relacionados aos teores de MS. Embora o AG2005E, BRS610 e AG2501 apresentassem alto teor de MS, os

teores de  $\text{NH}_3$  foram superiores, isto indica que deve ter havido algum erro experimental no momento da ensilagem que favoreceu uma fermentação clostridiana e conseqüentemente alta proteólise elevando o teor de Nitrogênio amoniacal. Observa-se, porém, que todos os genótipos apresentaram teor de  $\text{NH}_3/\text{NT}$  abaixo de 10%, parâmetro de uma silagem classificada como excelente.

O N-amoniacal pode indicar a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação ou a ocorrência eventual de aquecimento excessivo da massa no silo, ocasionando reações de “Mayllard”, sendo, segundo Pigurina (1991) um dos parâmetros determinantes da qualidade da fermentação.

Segundo McDonald *et al.* (1991), silagens malpreservadas apresentam níveis de amônia superiores a 20%. Essa amônia é derivada do catabolismo de aminoácidos, dentre outros produtos de degradação, como aminas, cetoácidos e ácidos graxos, por via de três processos bioquímicos: deaminação, descarboxilação e reações de oxidação e redução.

No presente trabalho, os teores médios de N- $\text{NH}_3$  das silagens foram abaixo de 10% do N total, indicando, segundo Oshima e McDonald (1978) e Borges *et al.* (1997), que houve uma fermentação láctica adequada. Assim, conforme Henderson (1993), a classificação da fermentação das silagens avaliadas, considerando o teor de N- $\text{NH}_3/\text{NT}$ , seria de muito boa qualidade. De acordo com Van Soest (1994), em situações de fermentações secundárias na silagem, o N-solúvel e o N-amoniacal formam-se da ação de micro-organismos específicos, onde as concentrações desses metabólitos são conseqüências da extensão da atividade de colônias desses micro-organismos em microambientes favoráveis ao seu crescimento no interior do silo.

O pH e a baixa relação  $\text{NH}_3/\text{NT}$  (< 10% em todas as silagens nos diferentes genótipos) permitem classificar as silagens deste experimento como de boa qualidade, o que de acordo com Meeske *et al.* (1993) indica que houve

uma rápida queda de pH e conseqüentemente uma baixa relação  $\text{NH}_3/\text{NT}$ , conservando o material ensilado de forma eficiente.

Avaliando o padrão de fermentação da silagem de sete genótipos de sorgo, Brito *et al.* (2000b) constataram valores de pH e  $\text{NH}_3/\text{NT}$  variando de 3,5 a 4,1 e 2,4 a 7,7%, respectivamente.

Determinando a produção e o valor nutritivo de diferentes forrageiras e de suas respectivas silagens, Oliveira (2008) encontrou valor de 1,03% para o  $\text{NH}_3/\text{NT}$  e valor de 3,9 para o pH, da silagem do sorgo forrageiro.

Na tabela 4 os valores médios percentuais de ácido láctico foram BRS610 (6,82), que superou todos os demais, sendo que o Qualimax (5,86), o AG2005E (5,87) e o Volumax (5,47) foram semelhantes entre si e superaram o AG2501 (4,40). Variações ocorrem em função do tipo de colmo ser seco ou succulento. Todos os genótipos testados são do tipo de colmo succulento e concentração de carboidratos muito parecida. O BRS610 é um híbrido obtido do cruzamento do BR601 que é de colmo succulento e BR700 colmo seco. Assim os genes da característica colmo devem ter tido dominância e produzido maior teor de carboidratos solúveis propiciando mais substratos às bactérias lácticas, elevando o teor de ácido láctico. Com relação ao AG2501, a inferioridade no teor de ácido láctico parece estar associada às características próprias deste tipo de genótipo, visto que há alterações nos padrões de utilização de carboidratos solúveis para produção desses compostos.

Fisher e Burns (1987), ensilando sorgo granífero F-351, encontraram concentrações de lactato de 4,9 a 7,4%. Tjandraatmadja *et al.* (1993), ensilando sorgo forrageiro, verificaram concentrações de lactato de 7,2%. Hart (1990) encontrou menores concentrações de lactato de 3,2 a 3,7% quando diminuiu a proporção de caule ensilado. Meeske *et al.* (1993), ensilando sorgo forrageiro, obtiveram concentrações de 1,0; 4,1; 5,0, para 1; 5; 10 e 31 dias após o fechamento do silo. No entanto, o mesmo sorgo ensilado em um estágio mais

avançado de maturidade (farináceo) originou silagens com menores teores de lactato. Também Fisher e Burns (1987), ensilando sorgo granífero no estágio de grão pastoso a farináceo, obtiveram maior concentração de lactato (7,4 e 5,4%) quando o híbrido apresentou maior concentração de açúcares totais (9,8 e 4,0%).

De acordo com McDonald *et al.* (1991), as bactérias lácticas homofermentativas promovem a conversão de glicose e frutose em ácido láctico e são predominantes ao início do processo fermentativo de silagens bem conservadas.

Segundo Fairbairn *et al.* (1992), a silagem de sorgo apresenta altas proporções de ácido láctico em relação aos outros ácidos, desde que não se usem aditivos para restringir a fermentação.

Na tabela 4 estão também os valores percentuais de ácido acético, sendo que o AG2501 (2,28) superou todos os demais; enquanto que o Volumax (1,48), AG2005E (1,49) e o Qualimax (1,50) não diferiram entre si, mas superaram o BRS610 (1,10). O AG2501, como é para corte e pastejo direto, tem o seu ponto de colheita aos 50 dias; como o corte para silagem foi tardio, aos 80 dias, elevou-se o teor de MS (34,99%) alterando o perfil de carboidratos solúveis e conseqüentemente a proliferação de bactérias heterofermentativas elevando-se o teor de Ácido Acético. O BRS610 foi inferior por ser um híbrido precoce colhido na época ideal, permitindo uma boa fermentação láctica e, conseqüentemente, minimizando a presença de bactérias heterofermentativas e isto manteve baixo o teor de ácido acético.

Fisher e Burns (1987), ensilando sorgo granífero F-351, encontraram concentrações de acetato de 1,6 a 3,9%. Tjandratmadja *et al.* (1993), ensilando sorgo forrageiro, observaram concentrações de acetato de 1,76%. Hart (1990) encontrou menores concentrações de acetato quando diminuiu a proporção de caule ensilado, sendo que os valores de acetato variaram de 0,67 a 1,31%.



Meeske *et al.* (1993), ensilando sorgo forrageiro, obtiveram concentração de acetato de 1,3% após 31 dias de fermentação.

A variação de ácido acético das silagens do experimento foi sempre inferior a 2%, o que segundo Nogueira (1995), classificaria as silagens avaliadas como de muito boa qualidade. Um elevado conteúdo de ácido acético pode restringir a fermentação láctica, como observado com o genótipo AG2501 em que o percentual de ácido acético (2,28) superou os demais e conseqüentemente baixou o teor de ácido láctico (4,40), que foi inferior aos demais. De modo inverso ocorreu com o BRS610, no qual o teor de ácido acético foi de 1,10% sendo inferior aos demais, e o teor de ácido láctico foi de 6,82% superando todos os demais.

Segundo McDonald (1981), no que diz respeito aos ácidos orgânicos, os ácidos acético, propiônico, isobutírico, butírico, valérico, succínico, fórmico e láctico são comumente determinados, sendo que o acético, butírico e o láctico são os mais importantes. O ácido láctico tem um papel importante na conservação de silagem, por apresentar uma maior constante de dissociação, sendo responsável pela queda do pH a valores inferiores a 4,2.

Em conformidade com Nogueira (1995), os parâmetros de qualidade de silagens são os teores de ácido láctico acima de 5%, ácido acético e ácido butírico abaixo de 2,5 e 0,1%, respectivamente.

Para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em percentuais, os genótipos BRS610 (56,38), Qualimax (56,46) e AG2005E (54,66) foram semelhantes entre si, e superaram os genótipos AG2501 (51,38) e Volumax (52,22), que foram iguais ao nível de 5% de probabilidade. Para os genótipos Qualimax, BRS610 e AG2005E, a alta digestibilidade está em virtude da maior participação de folha e panícula, pois apresentando porte baixo (1,63 a 1,75), possui menor percentagem de colmo.

Os valores observados estão dentro do intervalo de 44,6 a 62,1% citados por White *et al.* (1988) avaliando a silagem de 80 cultivares de sorgo.

Jayme *et al.* (2007), pesquisando a composição bromatológica e o perfil de fermentação das silagens de cinco híbridos de capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), encontraram valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca variando de 41,26 a 60,18%.

Avaliando quatro híbridos forrageiros e um de duplo propósito, Gontijo Neto *et al.* (2002), determinaram resultados de digestibilidade *in vitro* da matéria seca variando de 52,97 a 54,61%, para os híbridos forrageiros, e de 61,69% para o de duplo propósito.

Silva (1996), avaliando silagens de sorgo de porte alto, médio e baixo, com diferentes combinações de colmo x folha x panícula, concluiu que o aumento da participação desta última na planta inteira reduziu os teores de constituintes da fibra e elevou os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), em todos os híbridos estudados. Esse autor demonstrou a necessidade de participação mínima de 40% de panícula na planta de sorgo para obtenção de silagens de boa qualidade, e a maior participação da panícula facilitou a compactação.

O teor de digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silagem de quatro genótipos de sorgo de porte alto, colmo suculento e com açúcar, e três de porte baixo, colmo seco e sem açúcar, foi determinado por BRITO *et al.* (2000a), obtendo valores entre 51,3 a 58,5%.

Pizarro (1978a), trabalhando com híbridos de sorgo forrageiro e granífero demonstrou que o efeito do avanço do estágio de maturação da planta decresce acentuadamente os coeficientes de digestibilidade da matéria seca em silagens de híbridos de alta produtividade de massa (forrageiros), em relação a

silagens de híbridos de alta produção de grãos (granífero). Esse aspecto é determinante para o valor nutritivo da silagem.

Diversos autores chamam a atenção para essa característica e sua correlação positiva com a digestibilidade e o valor energético do sorgo (CUMMINS, 1971; SALAKO e FELIX, 1986; HUNT *et al.*, 1993). No entanto, resultados como os de Hart (1990); Andrade e Carvalho (1992) e Hunt *et al.* (1993), em que não se demonstrou aumento da digestibilidade com o aumento da proporção de grãos, ressaltam a existência de outros importantes fatores que podem ser considerados para promover o desenvolvimento de materiais com maior potencial.

O potencial de consumo de uma forragem por um ruminante é um componente fundamental da qualidade dessa forragem. Existe uma relação entre o consumo e a digestibilidade da forragem. Além disso, a digestibilidade da forragem é uma medida do seu valor energético, pois existe alta correlação entre energia digestível e energia metabolizável (MINSON, 1990). Segundo Tilley e Terry (1963), os resultados de digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) são altamente correlacionados com os valores de digestibilidade *in vivo*. Esmail *et al.* (1991) não encontraram efeito de estágio de maturação sobre a digestibilidade de diversas frações da planta de sorgo. Hart (1990) e Andrade e Carvalho (1992) não verificaram diferenças na digestibilidade mesmo quando a proporção de grãos era aumentada; o primeiro, por elevação na altura de corte; e o segundo, por avanço no estágio de maturação. Hart (1990) afirmou que a queda da digestibilidade das frações FDN, FDA, PB, amido e conteúdo celular pode ser responsável por redução na DIVMS com o avanço do estágio de maturação. Danley e Vetter (1973) e Hanna *et al.* (1981) encontraram redução na digestibilidade com avanço do estágio de maturação e apontaram o aumento da fração lignina como o maior responsável por essa queda. Tonani (1995) também encontrou redução na digestibilidade da planta do estágio de grãos leitosos para

grãos farináceos, esse autor atribuiu esse efeito à redução da digestibilidade da parte vegetativa das plantas e ao aumento da dureza dos grãos

## **5 - CONCLUSÕES**

Visando à produtividade, todos os híbridos de sorgo forrageiro, duplo-propósito, e corte e pastejo apresentaram boa produção de massa verde, características agronômicas e valor nutricional adequados à produção de silagens com bom padrão fermentativo quando cultivados no inverno.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC technical committee on responses to nutrients report number 2, characterisation of feedstuffs: nitrogen. **Nutrition Abstracts and Reviews (series B)**, Farnham Royal, v. 57, n. 12, p. 713-736, 1987.

AGUIAR, S.M.L.; MORAIS, C.V.A.; GUIMARÃES, P.D. **Cultivo do sorgo**. Com. Tec. CNPMS, Sete Lagoas 2003. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.htm>>. Acesso em: 20 de junho de 2008

ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. water management. In: Aldrich, S.R.; Scott, W.O.; LENG, E.R. **Modern corn production**. 2 ed. Champaign: A & L publications, 1982, p.189-221.

ALVARENGA, M.C.V. Manejo do Solo para o cultivo do sorgo. Com.Tec. CNPMS, Sete Lagoas, n.89, p.1-2, Novembro, 2003

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**, 13 ed. Washington, D.C.: AOAC, 1015p, 1980.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL – AOAC. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington, D.C.: Animal feed. cap. 4, 1995.

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

ANTUNES, F.Z. Tecnologia para cultura do sorgo. Exigências climáticas para a cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 5, n. 56, p. 6-12, 1979.

ARAÚJO, V.L *et al.* Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, p. 168-174, 2007.

BERNARDINO, M.L.A. **Avaliação Nutricional de Silagens de Híbridos de Sorgos (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de Porte médio com Diferentes teores de taninos e Suculência no Colmo.** 1996.87 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1996.

BRITO, A.F *et al.* Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench). III. Valor nutritivo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52 n.5. Oct. 2000a.

BRITO, A.F *et al.* Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench). II. Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52 ,n.5. Oct. 2000b.

BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. *European Agronomy Journal*, v.13, n. 1, p. 1-10. 2000.

BOIN, C. Utilização de volumoso para gado de corte. In: SIMPÓSIO DE GADO DE CORTE, 1., São Paulo, 1985. **Anais...** São Paulo: PROL, 1985. p.38-61.

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.** 1995. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte 1995.

BORGES, A.L.C.C *et al.* Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. **Pesquisa Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 4, p. 441 – 452. 1997.

BROOKING, I.R. Male sterility in *Sorghum bicolor* (L.) Moench induced by night temperature. I. Timing of the stage of sensitivity. **Australian Journal of Plant Physiology**. Victoria, v.3, P.589-596, 1976.

BRUNO, A.O *et al.* Cultivares de sorgo forrajeros para silagem. 1. rendimento de matéria seca y valor nutritivo de la planta. **Revista argentina Produccion Animal**, Buenos Aires, v.12, n.32, p. 157-162, 1992.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, D. Composição química-bromatológica, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de sorgo com diferentes proporções de panículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. MG, v. 32, n. 5, p. 1250-1258, 2003.

CADDEL, J. L. & D. E. WEIBEL. 1971. Effect of photoperiod and temperature on the development of sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, 799-803, 1971.

CAMACHO, R. *et al.* Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. **Journal Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.4. p. 771-776, 2002.

CÂNDIDO, M.J.D *et al.* Avaliação da produção e do valor nutritivo de silagens de cinco híbridos de sorgo. FOR:056. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36. Porto Alegre, 1999. **Anais**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p 35.

CÂNDIDO, M. J. D *et al.* valor nutritivo das silagens de Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) sob doses crescentes de adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v 31, n. 1, p.20-29, 2002.

CARVALHO, L.F. *et al.* Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n.1, p.185-192, 2000.



CARVALHO, D. D *et al.* estágio de maturação na Produção e Qualidade da Silagem de Sorgo. I. Produção de Matéria Seca e da proteína Bruta. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa. v 49, n.2, p. 91-99, 1992.

CLEGG, M.D.; EASTIN, J.D.; NELSON, L.A. Field. evaluation for cold tolerance in grain sorghum. **Crop Science**, Madison, v.23, p.23-26, 1983.

CHAVES, A.V *et al.* Comparação de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.193-195.

CHIESA, E.D *et al.* Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Revista Acta scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB (BRASIL). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2008/2009** – Brasília, DF: CONAB, 2008. ( Documento de política agrícola )

CODAGNONE, H.C.V.; SÁ, J.P.G. Avaliação de variedades e híbridos de milho, sorgo e milheto em quatro idades diferentes para produção de silagem ou rolão. **Inf. Pesquis.**, Londrina, v.9, n. 64, p. 1-11, 1985.

CORRÊA, C.E.S. **Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em diferentes estádios de maturação.** 1996, 62f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte. 1996.

CRAUFURD, P. Q. e A. Qi. Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. **Agricultural and Forest Meteorology**, Benin, v.108 n.3, p. 199-211.2001.

CRAUFURD, P. Q *et al.* Effect of temperature on time to panicle initiation and leaf appearance in sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 38, n.4, p. 942-947. 1998.

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

CUMMINS, D.G.; DOBSON JR., J.W. Digestibility of bloom and bloomless sorghum leaves as determined by a modified *in vitro* technique. **Agronomy Journal**. Madison, v.64, n.5, p.682-683, 1972.

CUMMINS, D.G. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.3, p.500-502, 1971.

DANLEY, M. M.; VETTER, R. L. Changes in carbohydrate and nitrogen fractions and digestibility of forages: maturity and ensiling. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 37, n. 4, p. 994-99, 1973.

DEMARCHI, J.J.A.A. **Produção, valor nutritivo e características do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), colhido em cinco estádios de maturação, e de suas silagens**. 1993, 230 f. Dissertação (mestrado em Zootecnia), ESALQ/US. Piracicaba. 1993.

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

DOGGETT, H. Physiology and agronomy. In: DOGGETT, H. **Sorghum**. London: Longmans, 1970. p. 180-211.

FONSECA, A.H. *et al.* Desempenho de cultivares de milho em relação às características agronômicas, químicas e degradabilidade da silagem. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 282, p. 109-122, 2002.

EASTIN, J.D. Sorghum. In: I SYMPOSIUM POTENTIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENT, 1.,1983. **Internacional Rice Research Institute**, Los Baños, Phillipnes: IRRI, 1983. p. 181-202.

ELIZALDE, H. F. El. valor nutritivo de los ensilages. **Revista Argentina Produccion Animal**, Buenos Aires, v. 15, n.1, p.103-121, 1995.

ELLIS, R. H., A. QI *et al.* Effects of photoperiod, temperature and asynchrony between thermoperiod and photoperiod on development to panicle initiation in sorghum. **Annals of Botany**, Toowoomba, v.79, n.2, p. 169-178, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Solos**. 2ª Ed. rev. atual. 412p. Brasília, 1999. 1 v.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo. **Sistemas de produção: Cultivo do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas: 2008.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. **Dados Climáticos**. Janaúba MG: 2001.

ESMAIL, S. H. M.; BOLSEN, K. K.; PFAFF, F. Maturity effects on chemical composition, silage fermentation and digestibility of whole plant grain sorghum and soya-bean silages fed to beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 33, n. 1/2, p. 79-85, 1991.

FAIRBAIRN, R.; ALL, I.; PHILLIP, L.P. Proteolysis and aminoaciddegradetion during ensilage of untreated of formic acidduring ensilage of untreated of formic acidtreated Lucerne and maize. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.47, n.4 p.382-390, 1992.

FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986.

FERRARIS, R.; D. A. CHARLES-EDWARDS. A comparative analysis of the growth of sweet and forage sorghum crops. I. Dry matter production, phenology and morphology. **Australian Journal Agriculture Research**, Kansas city, v. 37, n.5, p. 495-512. 1986.

FERREIRA, D.A. **Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim sudão mutantes, portadores de nervura marrom, submetidos a regime de cortes sucessivos**. 2008. 81 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte,2008.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: Sistema de análise de variância. versão 3.04. Lavras: UFLA/DEX, 2000.

FISHER D.S.; BURNS, J .C. Quality Analysis of Summer-annual forages. II. Effects of forages carbohydrate constituents on silage fermentation. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, n.2, p.242-248, 1987.

FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. Cultivares de Milho (*Zea mays* L.) e Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para Ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n.6, p.1608-1615, 2000.

FONSECA, A.H *et al.* Desempenho de cultivares de milho em relação às características agronômicas, químicas e degradabilidade da silagem. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 282, p. 109-122, 2002.

FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Wallington: CAB International, 1995. 532p.

GAGGIOTTI, M. C *et al.* Cultivares de sorgos forrajeros para silaje. II Características fermentativas y nutritivas de los silajes. **Revista Argentina de Produccion Animal**, Buenos Aires, v. 12, n. 2, p. 163-167, 1992.

GENRO, T.C.M *et al.* Produção e qualidade de silagens de híbridos de milho (*Zea mays*) e de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*). **Ciência Rural**, SANTA MARIA –RS, v.25, n.3, p.461-464, 1995.

GOMES, S.O *et al.* Comportamento agrônômico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.2, p.221-227, 2006.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, n. 2, p. 341-348, 2000.

GONÇALVES, L. C *et al.* Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III – Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte v. 51, n. 6, p. 571-576, 1999.

GONTIJO, M.R. **Avaliação do potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim Sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) em regime de cortes consecutivos em duas épocas de plantio.** 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2003.

GONTIJO, M.H.R *et al.* Potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.7, n.1, p. 33-43, 2008.

GONTIJO NETO, M.M. **Rendimento e valor nutritivo de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob níveis crescentes de adubação.** 1999. 55 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

GONTIJO NETO, M. M *et al.* Rendimento e valor nutritivo de cinco híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) forrageiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD Rom.

GONTIJO NETO, M.M *et al.* Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescente de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.4, p. 1640-1647, 2002.

GOURLEY, L.M., LUNSK, J.W. Sorghum silage quality as affected by soluble carbohydrate, tannins, and other factors. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 32, 1997, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: Mississippi State University, 1997. p.157-170.

GOTO, M.; GORDON, A. H.; CHESSON, A. Changes in cell-wall composition and degradability of sorghum during growth and maturation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 54, n. 1, p. 47-60, 1991.

HANNA, W. W.; MONSON, W. G.; GAINES, T. P. IVDMD, total sugars and lignin measurements on normal and brown mibrid (bmr) sorghums at various stages of development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, n. 6, p. 1050-1052, 1981.

HART, S.P. Effects of altering the grain content of sorghum silage on its nutritive value. **Journal Anim.al Scienc.** Champaign, v.68, p.3832-3842, 1990.

HENDERSON, N. Silage additives. **Journal Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 45, p.35 - 56, 1993.

HUNT, C. W *et al.* Effects of hibrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutricional characteristics of whole-plant corn. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 1, p. 38-43, 1993.

JAYME, D.G *et al.* Composição bromatológica e perfil de fermentação das silagens de cinco híbridos de capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3 , p. 351-363 , 2007.

JOHNSON, R.R. *et al.* Effect of maturity on chemical composition and digestibility of bird resistant sorghum plant fed to sheep as silage. **Journal Animal Science**. Champaning, v. 33, n. 5, p. 1102-1109, 1973.

LAVEZZO, W. *et al.* Qualidade de silagens de milho (*Zea mays* L.) confeccionadas com as plantas em quarto estádios de desenvolvimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23, Campo Grande, 1986. **Anais...** Campo Grande:SBZ, 1986. p. 138.

LAVEZZO, W. Ensilagem do capim elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10, 1993, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1993. P.169-275.

LEPSCH, I.F. *et al.* **Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso. 4ª aproximação.** Campinas: SBCS, 1983.

LIMA, J.M.P *et al.* **Nova Cultivar de Sorgo Forrageiro de Dupla Finalidade para o Semi-Árido Nordestino.** Rio grande do Norte: 2007. Disponível em: <<http://www.enparn.rn.gov.br>>. Acesso em: 5 de maio de 2008.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Ecofisiologia da Produção de Sorgo.** Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 87).

MAGALHÃES, P.C.; DURÕES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. Fisiologia da planta de sorgo. **Circular Técnica**, EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas v. 3, p. 46, 2000.

MAGALHÃES, R. T *et al.* Avaliação de quatro genótipos de sorgo pela técnica “*in vitro*” semi-automática de produção de gases. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 101-111, 2006.

MARTIN, V. L. e R. L. VANDERLIP. Sorghum hybrid selection and planting management under moisture limiting conditions. **Journal of Production Agriculture**, Salt Lake, v. 10, n.1,p. 157-163, 1997.

MARTINS, R.G.R. **Consumo e digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench em ovinos.** 2000, 23f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.2000.

MATSUSHIMA, J.K. Quality factors in corn and sorghum silage. In: ANIMAL CORN AND SORGHUM REASERCH CONFERENCE, 26, 1971, Chicato **.Proceedings.** Chicato: ASTA, 1971. p.83-87.

McBEE, G. G.; MILLER, F. R. Carohydrate and lignin partitioning in sorghum stems and blades. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 7/8, p.687-690, 1990.

MC DONALD, P. **The biochemistry of silage.** New York: John Willey & Sons. 1981. 226p.

MCDONALD, P., HENDERSON, A.R., HERON, S. **The Biochemistry of Silage.** 2ed. Marlow: chalcombe Publications, 1991, 340p.

McCORMICK, M.E *et al.* Ratoon cropping forage sorghum for silage: yield, fermentation, and nutrition. **Agronomy Journal**, Madison , v.87, p.952-957, 1995.

MELO, W.M.C.; VON PINHO, R.G.; CARVALHO,M.L.M. Avaliação de cultivares de milho, para produção de silagem na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 23, n. 1, p. 31-39, 1998.



MELLO, R., Análise Produtiva e Qualitativa de um Híbrido de Sorgo Interespecífico Submetido a dois Cortes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.1, p.20-33, 2003.

MELLO, R *et al.* Análise produtiva e qualitativa de um híbrido de sorgo interespecífico submetido a dois cortes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas. v.2, n.1, p.20-33, 2003.

MELO, W.M.C.; VON PINHO, R.G.; CARVALHO, M.L.M. Avaliação de cultivares de milho, para produção de silagem na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 31-39, 1998.

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

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.) **Conference on forage quality, evaluation and utilization**. Nebraska: University of Nebraska:1994. p.450-492.

MEESKE, R *et al.* Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic bacterial inoculants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 43, p.165 - 175, 1993.

MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483 p.

MOISIO, T., HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. **Anim. Feed Sci. Technol.** Elsevier, v.47, p.107-124, 1994.

MOLINA, R.L *et al.* Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, n.4, 2000.

MOREIRA, A. L. Avaliação de Forrageiras de Inverno Irrigadas sob Pastejo. **Ciências Agrotécnicas**. Lavras, v.31, n.6, p.1838-1844, nov./dez.2007.

MUCK, R.; O'KIELY, P. Aerobic deterioration of lucerne (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mays*) silages. Effects of fermentation products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 59, n. 2, p. 145-149, 1992.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC –**Nutrient requirement of beef cattle**. 7ed. rev. Washington: National Academy Press, 1996. 404p

NEUMANN, M *et al.* Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. MOENCH). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas , v.4, n.2, p.224-242, 2002.

NEUMANN, M. Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.43-54, 2003.

NEUMANN, M. Avaliação da Qualidade e do Valor Nutritivo da Silagem de Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.1, p. 120-133, 2004.

NEUMANN, M *et al.* Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. MOENCH). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.224-242, 2005.

NOGUEIRA, F.A.S. **Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação, em condições de laboratório**. 1995. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

NÚSSIO, L.G. Produção de silagem de sorgo. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, n.17, P.53-55, 1992.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7, Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999, p. 27-46.

OHSIMA, V., MCDONALD, p. A Review of the changes in nitrogenous compounds o herbage during ensilage. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.29, n.6, p.497-505, 1978.

OLIVEIRA, R.P *et al.* Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 45-53, 2005.

OLIVEIRA, L.B.de. **Produção e valor nutritivo de diferentes forrageiras e de suas respectivas silagens**. 2008, 46f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB. Vitória da Conquista, 2008.

PAIVA, J.A.J. **Qualidade de silagem da região metalúrgica de Minas Gerais**. 1976, 43f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1976.

PAULL, C.L. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del sorgo. In: PAULL, C.L. **Agronomía del sorgo**. Patancheru: ICRISAT, 2002. p. 43-68.

PEDREIRA, M. S *et al.* Características agrônomicas e composição química de oito híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003.

PEREIRA, O.G *et al.* Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.22, n.1, p.31-38, 1993.

PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, N. M. Porcentagem, perda e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 3, p. 250 - 255, 2000a

PESCE, D. M. C *et al.* Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 978 - 987, 2000b.

PETTERSON, K.L. e Lindgren, S. the influence of the carbohydrate fraction and additives on the silage quality. **Grass Forage Science**. Oxford, v.45, n.2, p.223-233, 1990.

FIGURINA, G. Factores que afectan el valor nutritivo y la calidad de fermentacion de ensilajes. In: **Pasturas y produccion animal de áreas organaderia intensiva**. Montevideo: Instituto Nacional de Investigacion Agropecuária, 1991. p. 77 - 92. (Serie Tecnica, 15).

PIRES, D.A.A. JÚNIOR, R.G. JAYME, D.G. Qualidade e Valor Nutritivo das Silagens de Três Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* L.) Colhidos em Diferentes Estágios de Maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.241-256, 2006.

PIRES, D.A.A. *et al.* Avaliação de Quatro Genótipos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L)) com e sem Taninos nos grãos para Produção de Silagens. 2007. Tese (Doutorado) Escola de Veterinária – UFMG, 2007.

PIZARRO, E.A. Alguns fatores que afetam o valor nutritivo da silagem de sorgo. **Inf. Agrop.**, Belo Horizonte, v. 4, n. 47, p. 12-19, 1978a.

PIZARRO, E.A. Qualidade da silagem da Região Metalúrgica de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, n.47, p. 5-8, 1978b.

RAUPP, A.A.A.; BRANCÃO, N.; FRANCO, J.C.B. Ensaio Sul Rio-grandense de sorgo forrageiro para corte e pastejo 1998/99. Capão do Leão, RS. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 44; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 27. 1999, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: FEPAGRO/SCT, 1999.

RESTLE, J. *et al.* Aspectos qualitativos da carcaça e carne de novilhos, terminados aos 24 meses, com silagem de sorgo. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998, p 3.

RESENDE, J.A.R. *et al.* Ruminant silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.457-463, 2003.

RIBAS, M.N.; TOMICH, T.R.; DA GLÓRIA, I.R. Produção de matéria seca e de matéria natural, teor de matéria seca, altura de planta e relação folha/colmo de doze híbridos de sorgo submetidos a três cortes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROOM

RIBAS, P.M. **Sorgo**: introdução e importância econômica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 26).

RIBEIRO, C.G.M. *et al.* Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v.59, n.6, p.1531-1537, 2007.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, H.P.T., THEANDER, O. (ed). **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.

ROCHA JÚNIOR, V.R. **Qualidade das silagens de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*(L)(Moench) e seus padrões de fermentação**. 1999. 132 f. Dissertação ( Mestrado em Zootecnia) Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999.

ROCHA JUNIOR, V.R *et al.* Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem I. Características agronômicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v.52, n.5, 2000b.

RODRIGUES FILHO, O *et al.* Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 1, p. 37-48, 2006.

RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; NOGUEIRA, F. A. S. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores e tanino e de umidade no colmo, I-pH e teores de matéria seca e de ácido graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte. MG, v. 51, p.485-490, jan. 1999.

SALAKO, S. A.; FELIX, A. *In vitro* dry matter and organic matter digestibilities of various cultivars of grain sorghum and sweet sorghum silages. **Journal Animal Science**, Champagin, v.63, p. 298, 1986. Suplemento.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: An important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159 - 168, jan./fev. 2001.

SERRANO, J.M.R. El sorgo híbrida despierta interés en las Américas. **La Hacienda**, Kissimmée, v.66, n.5, p. 36-37, 1971.

SILVA, A.V. **Qualidade das silagens de treze genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 1996, 49 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte, 1996.

SILVA, F.F *et al.* Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n.1, p.14-20, 1999a.

SILVA, F. F *et al.* Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 2. Avaliação do valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 21-29, 1999b.

SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.

SKONIESKI, F.R.; NORBERG, J.L.; AZEVEDO, E.B. de. *et al.*; Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum. Animal Sciences** Maringá, v. 32, n. 1, 2010

SMITH, D.G. Inhibition of swarming in *Proteus* spp by tannic acid. **Journal Appl. Bact.**, Genebra, v.38, p.29-62, 1974.

SMITH, R.L.; BOLSEN, K.K. Evaluation of grain sorghum as a silage crop. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15, Japan, 1985. **Proceedings...** Kyoto: The Japanese Society of Grassland Science, 1985. p. 1020-1022.

SIMON, J. E. **Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na Amazônia oriental**. 2006, 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animal) – Universidade Federal do Pará, Pará.

SOUZA, V.G., PEREIRA, O.G., MORAES, S.A., et al. Valor nutritivo da Silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.3, p. 753-759, 2003.

TJANDRAATMADJA, M., McRAE, I.C., NORTON, B.W. Intake and digestibility of sorghum silage by goats. **Anim. Feed Sci. Technol.** Elsevier, v.41, p.171-179, 1993

TEIXEIRA, P. E. G.; TEIXEIRA, P. P. M. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: I WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1, 2004, Belém. **Anais ...** Belém: Universidade Federal Rural, 2004. p. 83-100.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society** Oxford , v.18, n.1, p.104-111, 1963.

TOMICH, T.R *et al.* Produção e proporções de folha e de colmo de doze híbridos de sorgo em manejo de corte, avaliados na rebrota. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ/ESALQ, p.291-292, 2001.

TONANI, F.L. **Valor nutritivo das silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em diferentes estágios de maturação dos grãos.** 1995. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

VALENTE, J.O. Introdução. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. **Circular Técnica**, EMBRAPA/CNPMS, Sete lagoas, n.17, p.5-7, 1992.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.



VIEIRA, F.A.P *et al.* Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, vol.56, n.6, 2004

VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C. de; BORGES, I.D.; REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.266-279, 2006.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia: Revista de Ciências Agrônômicas** v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

WHEELER, J.L. Increasing animal production from sorghum forage. **World Animal Review**. Singapore, n.35, p.13-22, 1980.

WHITE, J.S et al. **Selecting forage sorghum cultivars for silage**. Manhattan: Kansas Agricultural Experimental Station, 1988. 8p. (KSU. Report of Progress, 539).

ZAGO, C.P. Silagem de sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7., Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999. p. 47-68.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas-MG: CNPMS, 1992.66p. (Circular Técnica, 17).

ZAGO, C.P. cultura de sorgo na alimentação de ruminantes. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. 1991.p.169-217.

