

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E NUTRICIONAL DO  
HÍBRIDO DE SORGO BRS 610 EM QUATRO ESTÁDIOS**

**OTAVIANO DE SOUZA PIRES NETO**

**BELO HORIZONTE**

**2013**

Otaviano de Souza Pires Neto

**Avaliação agronômica e nutricional do híbrido de sorgo  
BRS 610 em quatro estádios**

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

Área de Concentração: Nutrição Animal

Orientador: Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

Belo Horizonte  
Escola de Veterinária da UFMG

2013

## Ficha catalográfica

P667a Pires Neto, Otaviano de Souza, 1984-  
Avaliação agronômica e nutricional do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios/  
Otaviano de Souza Pires Neto. – 2013.

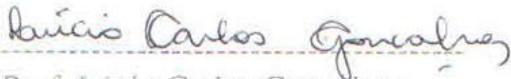
119 p. : il.

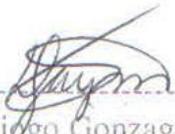
Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.  
Inclui bibliografia

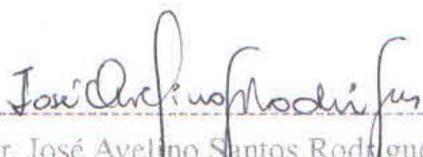
1. Sorgo – Silagem – Teses. 2. Valor nutricional – Teses. 3. Nutrição animal – Teses.  
4. Ruminante – Alimentação e rações – Teses. I. Gonçalves, Lúcio Carlos.  
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.085 52

Dissertação defendida e aprovada em 16/07/2013, pela comissão examinadora constituída por:

  
-----  
Prof. Lúcio Carlos Gonçalves  
(Orientador)

  
-----  
Prof. Diogo Gonzaga Jayme

  
-----  
Dr. José Avelino Santos Rodrigues

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho aos meus pais (Otaviano Jr. e Lucília) que tanto incentivaram e apoiaram a realização desse projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me proporcionar essa oportunidade e por me acompanhar durante a caminhada.

Aos meus pais (Otaviano e Lucília) pela vida, amor imensurável, educação e ensinamentos fantásticos. Pelo exemplo de pai, mãe, filhos, tios, avós, em fim, cidadãos que são. Muito obrigado por ser filho de vocês e me desculpem por dar tanto trabalho a vocês.

Aos meus irmãos Felipe, Fabrício e Fabiano por torcerem pelo meu sucesso.

Aos meus sobrinhos Ana Luiza, Fernando e André por alegrarem a casa.

Ao Professor Lúcio, pela confiança, oportunidade de trabalho e pelos constantes ensinamentos e conselhos para a vida profissional e pessoal, que além de orientador é um amigo.

Ao Dr. José Avelino (Piu), pela fundamental ajuda nos experimentos de campo, amizade e por tornar o ambiente de trabalho alegre.

Ao Professor Diogo pela amizade, prontidão em ajudar e ensinamentos contínuos.

Ao Professor Lívio Molina, que durante a graduação foi um dos principais responsáveis na minha formação profissional.

Ao “professor” Thierry, pelos ensinamentos no início do mestrado, pelo auxílio na condução dos experimentos e nas análises estatísticas.

Ao Fred e Alex pela prontidão em ajudar e conselhos.

Aos colegas de pós-graduação e alunos de iniciação científica que de alguma forma ajudaram na condução desse trabalho.

Aos professores da Escola de Veterinária, que foram fundamentais na minha formação profissional e pessoal.

A secretaria de pós-graduação do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

Ao pessoal da copiadora pela amizade e presteza nos momentos necessários

Aos técnicos do laboratório de nutrição, principalmente Toninho e Carlos.

A EMBRAPA – Milho e Sorgo pela implantação do experimento no campo.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento do experimento.

---

## SUMÁRIO

---

<b>RESUMO</b> .....	13
---------------------	----

<b>ABSTRACT</b> .....	15
-----------------------	----

### CAPÍTULO I

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	17
-------------------------------	----

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	18
---	----

### CAPÍTULO II

<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
------------------------------------	----

1. A cultura do sorgo.....	19
----------------------------	----

Histórico.....	19
----------------	----

Características agrostológicas.....	20
-------------------------------------	----

2. Produção e valor nutritivo de híbridos de sorgo.....	23
---	----

3. Técnica <i>in vitro</i> de produção de gases.....	27
--	----

4. Referências Bibliográficas.....	30
------------------------------------	----

### CAPÍTULO III

#### **CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DAS PLANTAS INTEIRAS, PANÍCULAS, FOLHAS E COLMOS DO HÍBRIDO DE SORGO BRS 610 EM QUATRO ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

<b>RESUMO</b> .....	38
---------------------	----

<b>ABSTRACT</b> .....	39
-----------------------	----

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	40
----------------------------	----

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	41
------------------------------------	----

Considerações gerais.....	41
---------------------------	----

Descrições do híbrido.....	43
----------------------------	----

Procedimentos experimentais.....	44
----------------------------------	----

Procedimento estatístico.....	45
-------------------------------	----

<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
Número de plantas por hectare e altura das plantas.....	45
Porcentagem de panícula, folha e colmo.....	47
Produção de matéria verde.....	50
Produção de matéria seca.....	53
Produção de matéria seca digestível.....	57
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>60</b>

## CAPÍTULO IV

### VALOR NUTRITIVO DA PLANTA INTEIRA PANÍCULA, FOLHA E COLMO DO HÍBRIDO DE SORGO BRS 610 EM QUATRO ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

<b>RESUMO.....</b>	<b>64</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>66</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>68</b>
Procedimento estatístico.....	70
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>70</b>
Teores de matéria seca.....	70
Teores de proteína bruta.....	73
Teores de fibra insolúvel em detergente neutro.....	77
Teores de fibra insolúvel em detergente ácido.....	79
Teores de hemiceluloses.....	82
Teores de celulose.....	84
Teores de lignina.....	85
Teores de matéria mineral.....	87
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca.....	88
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>90</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>90</b>

## CAPÍTULO V

### CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO E DEGRADAÇÃO IN VITRO DA PLANTA COMPLETA, PANÍCULA, FOLHA E COLMO DO HÍBRIDO DE SORGO BRS 610 EM QUATRO ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO.....	94
ABSTRACT.....	95
1. INTRODUÇÃO.....	96
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	97
Considerações gerais.....	97
Procedimento experimental.....	97
Frascos de fermentação e sacolas de filtragem.....	97
Preparo do meio de cultura.....	98
Inóculo e inoculação.....	98
Produção de gases.....	99
Desaparecimento <i>in vitro</i> da matéria seca.....	100
Procedimento estatístico.....	101
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	102
Produção de gases.....	102
Cinética de fermentação dos carboidratos fibrosos e não fibrosos.....	107
Desaparecimento <i>in vitro</i> da matéria seca.....	112
4. CONCLUSÕES.....	114
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114

## CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....	118
---	-----

---

## LISTA DE TABELAS

---

- Tabela 1-** Dados climáticos médios, na região de Sete Lagoas-MG, no período de Janeiro a Maio de 2011.....42.
- Tabela 2-** Características químicas médias do solo referente à área utilizada no experimento.....43
- Tabela 3-** Estande (mil plantas por hectare) e Altura das plantas (metros) e equações de regressão com respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....46
- Tabela 4-** Porcentagem de panícula, folha e colmo na matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....48
- Tabela 5-** Produção de matéria verde (PMV) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....51
- Tabela 6-** Produção de matéria seca (PMS) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....55
- Tabela 7-** Produção de matéria seca digestível (PMSD) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....58

**Tabela 8-** Teores de matéria seca (MS) em porcentagem da matéria natural e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....72

**Tabela 9-** Teores de proteína bruta (PB) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....75

**Tabela 10-** Teores de fibra em detergente neutro (FDN) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....78

**Tabela 11-** Teores de fibra em detergente ácido (FDA) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....80

**Tabela 12-** Teores de hemiceluloses em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....83

**Tabela 13 -** Teores de celulose em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....84

**Tabela 14-** Teores de lignina em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....86

**Tabela 15-** Teores de matéria mineral (MM) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....87

**Tabela 16-** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....88

**Tabela 17-** Produção acumulada de gases (mL/g de MS) pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases da planta completa e das frações (Colmo, Folha e Panícula) do híbrido de sorgo BRS-610 nos diferentes tempos de incubação 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, em quatro idades de corte .....106

**Tabela 18-** Médias dos parâmetros VF1 - Volume máximo de gases da fração de carboidratos não fibrosos (CNF); C1 - Taxa de degradação para a fração de CNF; L - Latência; VF2 - Volume máximo de gases da fração de carboidratos fibrosos (CF); C2 - Taxa de degradação para a fração de CF e  $R^2$  - Coeficiente de Determinação, ajustados relativos à cinética de produção de gases dos CNF e dos CF no período de 96 horas referente a planta inteira e as frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos.....110

**Tabela 19** – Desaparecimento *in vitro* da matéria seca (DEIVMS) após 96 horas de incubação em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio.....113

## RESUMO

Objetivou-se com esse estudo avaliar as características agronômicas, a composição nutricional, a cinética de fermentação ruminal *in vitro* da planta completa e das frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro). E a partir da análise desses dados recomendar a melhor idade de corte da planta para ser utilizada como volumoso na alimentação dos ruminantes. O estande de plantas não variou, com média de 145 mil plantas.ha<sup>-1</sup>. A altura das plantas também não variou, com média de 2,30 metros. O percentual da fração folha manteve-se constante durante o período avaliado, no entanto as frações panícula e colmo se portaram distintamente (P<0,05), com a fração colmo sendo diluída pela fração panícula com o avançar da maturação. A fração folha foi à única que teve a produção de matéria verde (PMV) diminuída na idade mais velha (P<0,05), já PMV da planta completa e das frações panícula e colmo não oscilaram. As frações panícula e colmo apresentaram comportamentos inversos na produção de matéria seca (PMS) (P<0,05), com as PMS da panícula aumentando e do colmo diminuído com o avançar da idade, já a planta completa e a fração folha não variaram as PMS no decorrer do tempo. As frações panícula e colmo apresentaram comportamentos divergentes na produção de matéria seca digestível (PMSD), com a panícula aumentando as produções e o colmo diminuindo com a maturidade da planta (P<0,05), no entanto PMSD da planta completa e da fração folha não variaram. Em relação ao valor nutritivo os teores de matéria seca (MS) aumentaram (P<0,05) na planta completa e nas frações panícula e folha, já o colmo teve os teores de MS constantes durante o período avaliado. A planta completa foi a única que teve comportamento quadrático (P<0,05) para os teores de proteína bruta (PB), já as frações tiveram quedas (P<0,05) nos teores de PB com a maturidade da planta. A planta completa manteve constantes os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) com o avançar da idade, os valores de hemiceluloses e celulose diminuiram (P<0,05) na planta completa com o avançar da idade e a lignina teve os valores aumentados (P<0,05) na planta completa. A fração panícula teve todas as frações fibrosas (FDN, FDA, hemiceluloses, celulose e lignina) diminuídas (P<0,05) com o avançar da idade da planta. As frações folha e colmo tiveram os teores de todas as frações fibrosas (FDN, FDA, hemiceluloses, celulose e lignina) aumentados (P<0,05) com a maturação da planta, exceto os teores de hemiceluloses da fração folha que apresentaram redução linear (P<0,05) em função da idade de corte da planta. Os teores de matéria mineral (MM) se comportaram distintamente nas frações panícula e colmo (P<0,05), diminuindo na panícula e aumentando no colmo com a

maturidade da planta, já na folha e na planta completa os teores de MM mineral se mantiveram constantes durante o período de avaliação. Todas as partes da planta estudadas apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em função da idade de corte. Em relação a cinética de fermentação ruminal *in vitro* a planta completa obtida no estágio leitoso foi a que produziu maior quantidade de gases ( $P < 0,05$ ), conseqüentemente sendo a mais degradada ( $P < 0,05$ ). A fração panícula não apresentou diferença na produção de gases em função da idade de corte, no entanto as frações folha e colmo produziram maior ( $P < 0,05$ ) quantidade de gases quando cortados em estágio de grãos leitosos. Todas as frações tiveram as degradabilidades efetivas *in vitro* da matéria seca (DEIVMS) diminuídas com a maturidade da planta. Em função dos resultados apresentados recomenda-se colher a planta no estágio de grãos leitosos.

**Palavras-chave:** forragem, silagem de sorgo, valor nutritivo, estágio de maturação

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the agronomic characteristics, nutritional composition and the in vitro ruminal fermentation kinetics of the whole plants and their fractions (panicle, stem and leaf) of BRS 610 sorghum hybrids at four grain stages of maturity (milky, soft dough, hard dough and hard grain) and from these data analysis recommend the best harvest age of the plant to be used as forage for ruminants. Plant stands did not change, averaging 145,000 plants.ha<sup>-1</sup>. Plant height also did not vary with an average of 2.30 meters. The percentage of leaf fraction remained constant during the period studied, however the panicle and stem fractions behaved different ( $P < 0.05$ ) with the stem fraction being diluted by the panicle fraction with the advancing maturity of the plant. Leaf fraction was the only one that had the green matter production (GMP) decreased on the older age ( $P < 0.05$ ) while the whole plant GMP, panicle and stem fractions did not vary. Panicle and stem fractions showed an inverse behavior on dry matter production (DMP) ( $P < 0.05$ ): while panicle DMP increased, stem DMP decreased with age advance. Additionally, whole plant and leaf fraction did not change DPM over the time. The panicle and stem fractions showed different behaviors on digestible dry matter production (DDMP), with panicle production increasing and stem production decreasing with plant maturity ( $P < 0.05$ ), however the whole plant DDMP and leaf fraction DDMP did not vary. Regarding the nutritional value, the dry matter (DM) content increased ( $P < 0.05$ ) in the whole plant, panicle and leaf fractions but the stem fraction had a constant DM concentration during the period studied. The whole plant was the only one that had a quadratic response ( $P < 0.05$ ) for crude protein (CP), since all the fractions had decreasing values of CP ( $P < 0.05$ ) with the advancing maturity of the plant. Whole plant maintained constant levels of insoluble neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent insoluble fiber (ADF) with advancing age. Hemicelluloses and cellulose values decreased ( $P < 0.05$ ) in the whole plant with advancing age but lignin values increased ( $P < 0.05$ ) in the whole plant. All fibrous fractions (NDF, ADF, hemicelluloses, cellulose and lignin) decreased ( $P < 0.05$ ) on panicle fraction with advancing age of the plant. The leaf and stem fractions contents of all the fibrous fractions (NDF, ADF, hemicelluloses, cellulose and lignin) increased ( $P < 0.05$ ) with maturity of the plant, except for hemicelluloses content that showed a linear decrease ( $P < 0.05$ ) as a function of the plant harvest age. Mineral matter (MM) content of behaved different in panicle and stem fractions ( $P < 0.05$ ) decreasing in panicle and increasing in stems with the advancing maturity of the plant. Also, leaf fraction and whole plant contents of mineral MM remained constant throughout the evaluation period. All plant

fractions studied showed a linear decrease ( $P < 0.05$ ) of in vitro dry matter digestibility (IVDMD) as a function of harvesting age. Regarding the kinetics of ruminal fermentation in vitro, the whole plant with grains on the milk stage produced a larger amount of gas ( $P < 0.05$ ), therefore being the most degraded ( $P < 0.05$ ) of all. The panicle fraction showed no difference in gas production on the different harvest ages, however the leaf and stem fractions produced higher ( $P < 0.05$ ) amount of gas when harvested on milky grain stage. All fractions had the effective in vitro dry matter degradability (EDIVMD) decreased with plant maturity. According to the presented results it is recommended to harvest the plant on the milky stage of grain.

**Keywords:** forage, sorghum silage, nutritive value, maturity stage

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo e figura entre os maiores produtores e exportadores mundiais de carne bovina (USDA, 2012a).

O efetivo de vacas de leite no Brasil passou de 16.700.000 no ano de 2008 para 19.900.000 no ano de 2012 (USDA, 2012b). A produção leiteira brasileira vem crescendo em decorrência ao aumento do número de animais lactantes, sendo atualmente o país com maior rebanho leiteiro do mundo (USDA, 2012b). Nos últimos seis anos a produtividade média de leite das vacas brasileiras caiu 4,2%, com produção atual de 1.580 t/vaca/ano. Os Estados Unidos e a Argentina praticamente mantiveram os seus efetivos de vacas de leite com 9.225.000 e 2.193.000 vacas, respectivamente (USDA, 2012b). No entanto a produtividade de leite por vaca/ano das duas nações aumentaram 6,1 e 15,6%, respectivamente nos últimos quatro anos (USDA, 2012b).

A sazonalidade de produção forrageira constitui um dos entraves à produção animal, pois a pecuária brasileira caracteriza-se pela dependência de pastagens. A busca por alternativas alimentares assume grande importância nos sistemas de produção. Entre as forrageiras com potencial para suprir a demanda de nutrientes dos ruminantes, especialmente no período de menor disponibilidade de pasto, o sorgo [*Sorghum bicolor (L.) Moench*] apresenta-se como importante fonte alimentar.

A produção de silagem é umas das tecnologias mais difundidas entre os produtores que buscam a intensificação dos sistemas de produção, objetivando sempre maximizar a expressão genética dos animais. A forrageira destinada a ensilagem deve apresentar elevado potencial de produção, adequação a mecanização, possuir características que permitam fermentação adequada dentro do silo, como bons teores de carboidratos solúveis, adequados teores de matéria seca e baixo poder tampão.

O sorgo [*Sorghum bicolor (L.) Moench*] BRS 610 é um híbrido forrageiro desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo para atender a crescente demanda dos produtores por maior eficiência na alimentação dos bovinos. O cultivo deste híbrido com objetivo de produção de silagem tem

se expandido no Brasil, por apresentar excelente padrão fermentativo, alta porcentagem de grãos na forragem, conferindo silagem de alta digestibilidade.

O programa de melhoramento genético de plantas forrageiras desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo tem selecionado novos híbridos de sorgo, que devem ser avaliados para utilização na alimentação de ruminantes, como parte desse processo deve ser mensurada a produtividade da planta, altura, produção de grãos, relação colmo/folha/panícula, resistência a pragas e doenças, tolerância a seca, entre outras. A grande variabilidade genética para características nutricionais permite o avanço do processo de melhoramento genético no sorgo para produção de silagem de qualidade nutricional.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar as características agronômicas, valor nutricional e cinética de fermentação ruminal da planta completa e das frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro), e a partir dos resultados recomendar a melhor idade para produção de silagem.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *Faostat*. Rome: FAO, 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: mai. 2013.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Production, supply and distribution online*. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture - USDA, 2012a. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: mai. 2013.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Dairy: World Markets and Trade. December, 2012b. Disponível em: <http://usda01.library.cornell.edu/usda/current/dairy-market/dairy-market-12-14-2012.pdf>. Acesso em: jun. 2013.

## CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA

### 1. A CULTURA DO SORGO

#### Histórico

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma planta C<sub>4</sub>, de dias curtos, com elevada capacidade fotossintética, de ciclo anual e pertencente à família *Gramineae*. É originário da Etiópia e Sudão (África Oriental) (Rooney, 2004), embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia. A domesticação do sorgo, segundo registros arqueológicos, deve ter acontecido por volta de 3000 AC, ao tempo em que a prática da domesticação e cultivo de outros cereais era introduzida no Egito Antigo, a partir da Etiópia (Ribas, 2003).

A introdução nas Américas é recente, sendo que as primeiras ocorreram no Caribe, trazidas por escravos africanos, e dessa região o sorgo atingiu o Sudoeste dos Estados Unidos, por volta da metade do século XIX. Nos Estados Unidos, atualmente o maior produtor mundial de grãos de sorgo, a primeira lavoura de sorgo plantada de que se tem notícia data de 1853, por William R. Prince, de Nova Iorque. Quatro anos mais tarde, em 1857, o Departamento de Agricultura lançou o que pode ter sido a primeira cultivar comercial “moderna” de sorgo do mundo, fruto já da manipulação genética promovida pelo homem (Ribas, 2003).

O sorgo deve ter chegado ao Brasil da mesma forma como chegou à América do Norte e Central: através dos escravos africanos. Nomes como “Milho d’Angola” ou “Milho da Guiné”, encontrados na literatura e até hoje no vocabulário do nordestino do sertão, sinalizam que possivelmente as primeiras sementes de sorgo trazidas ao Brasil entraram pelo Nordeste, no período de intenso tráfico de escravos para trabalhar na atividade açucareira. Mais recentemente, a partir da segunda década do século XX até fins dos anos 60, a cultura foi reintroduzida de forma ordenada no país, por meio dos institutos de pesquisa públicos e universidades (Ribas, 2003).

Coleções foram introduzidas da África e dos Estados Unidos e deram origem a cultivares forrageiras comerciais cujos nomes até hoje são lembrados pelos produtores, como as variedades Santa Eliza, Lavrense, Atlas e Sart (Ribas, 2003).

O sistema de produção e distribuição de sementes melhoradas, no entanto, só viria a se desenvolver mais tarde, entre fins dos anos 60 e começo dos 70. Foi quando o setor privado entrou no agronegócio do sorgo. E foi nesse momento que os híbridos de sorgo granífero de porte baixo recém-lançados na Argentina (aqui chamados de “sorgo anão”) chegaram ao Brasil, através da fronteira gaúcha com os países platinos.

### **Características agrostológicas**

O sorgo suporta temperaturas elevadas, estresse hídrico e média tolerância à acidez do solo. A resistência ao déficit hídrico é em decorrência ao sistema radicular muito extenso (até 1,5 metros) e algumas características foliares semelhantes às plantas xerófitas com serosidade e ausência de pilosidades, que favorecem menor desidratação e presença de células que fecham os estômatos (Dogget, 1970). Além dessas importantes características, os trabalhos de seleção e de melhoramento genético do sorgo têm produzido materiais de alta produtividade de massa verde e de grãos, adaptados a várias condições de solo e clima e resistentes à maioria das pragas e doenças que acometiam essa planta no passado. Essas adaptações fazem do sorgo uma gramínea produtora de grãos muito resistente à seca, o que a torna particularmente muito importante (Taylor et al. 2006). Em decorrência a essas características, completa o ciclo com pluviosidade em torno de 450 mm, mas pode vegetar com até 300 a 380 mm, desde que bem distribuídos nos períodos críticos de dependência hídrica, que ocorrem em torno de 20-25 dias iniciais da cultura (germinação) e aos 50-60 dias, na fase de polinização e enchimento dos grãos, conforme Santos (2003). Em regiões áridas e semi-áridas, o sorgo tem sido cultivado como primeira cultura, já em regiões com melhor distribuição de chuvas, essa cultura vem apresentando boa adaptação ao cultivo de safrinha (Dermachi et al., 1995). Característica peculiar do sorgo é a sua capacidade de rebrota após a colheita, o que possibilita produção de até 60% daquela obtida no primeiro corte (Zago, 1991).

Conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, as estimativas de área plantada anualmente com o sorgo no país passaram de uma média situada por volta de 250 mil hectares nas safras dos anos 90 para uma média superior a 700 mil hectares nas safras de

2000/01 a 2009/10, sendo que a previsão para a safra 2012/2013 é de 836,4 mil hectares plantados com sorgo granífero (CONAB, 2013). Dados ainda dessa mesma companhia, mostra que a produtividade em kg de grãos produzidos/colhidos por hectare tem aumentado, passando de 1.698 kg.ha<sup>-1</sup> em média durante a década dos anos 90 para 2.115 kg.ha<sup>-1</sup> em média durante a década dos anos 00, ao passo que na safra 2011/2012 foram produzidos em média 2.824 kg.ha<sup>-1</sup> de grãos de sorgo. Esses resultados mostram a importância das constantes pesquisas em melhoramento genético das forrageiras, além de estudos acerca dos manejos culturais de cada planta forrageira. Essa melhor eficiência na produção de grãos impacta positivamente na qualidade nutricional das silagens produzidas.

De acordo com informações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, a versatilidade, a resistência a estiagens, a alta qualidade de forragem e o alto potencial para produção de massa verde são características que têm promovido a expansão da cultura do sorgo forrageiro no Brasil nos últimos anos (CNPMS, 2013).

É descrita enorme variabilidade genética no sorgo, refletindo características botânicas, resistência a pragas e doenças e capacidades produtivas muito diversas entre os milhares de genótipos existentes em todo o mundo (Rooney et al., 1980). Conforme esses autores, as principais características botânicas dessa planta são: estrutura vegetativa semelhante a do milho; os colmos podem ter até 18 nós e entrenós e podem ser suculentos ou secos, com ou sem acúmulo de açúcares; em cada nó está presente uma folha e os nós são alternados e se encontram em lados opostos no colmo; a inflorescência é uma panícula que pode ter de 8 a 50 cm de comprimento e de 4 a 20 cm de largura; o formato da panícula varia de muito aberto até muito compacto podendo conter de 800 a 3.000 mil grãos de variados tamanhos e colorações; as flores apresentam ambos os órgãos sexuais com autopolinização.

As plantas de sorgo crescem em uma ampla faixa de solos, tolerando variações de fertilidade e de equilíbrio de nutrientes, no entanto, apresenta melhores rendimentos à medida que as condições de fertilidade sejam elevadas e equilibradas. Segundo Baruqui (1979) solos profundos, friáveis, bem estruturados e que ocorrem em áreas mais planas a suavemente onduladas prestam-se melhor a cultura de sorgo. Sugere ainda que devem ser evitados solos rasos e muito rasos (solos litólicos), solos hidromórficos (mal drenados) e solos arenosos, devido a dificuldades culturais nestes.

Cada tipo de sorgo deve ser cultivado em determinado espaçamento e densidade de plantio, de modo a maximizar a produção de matéria seca por unidade de área plantada e obter boa porcentagem de grãos em relação à massa seca total (Viana et al. 2001). O espaçamento entre as fileiras e a densidade de plantas nas fileiras influencia positivamente a produção de grãos, principalmente através do número de panículas por unidade de área (Berniz, 1976). No entanto, o número de grãos por panícula e o peso médio dos grãos é menor à medida que se aumenta a densidade de plantio.

A densidade ideal varia com o tipo de sorgo e seu propósito: para o sorgo granífero próximo de 200 a 220 mil plantas/ha; para o forrageiro, cerca de 100 a 150 mil plantas/ha, a fim de diminuir o acamamento que normalmente pode ocorrer em populações maiores; para os de duplo propósito, de 130 a 170 mil plantas/ha e, para o sorgo sacarino, 100 mil plantas/ha. Os espaçamentos variam de 50 a 80 centímetros, com preferência para este último, por proporcionar maiores facilidades na execução de trabalhos culturais (Zago, 1991).

Albuquerque et al. (2011), trabalhando com os cultivares BRS 610, BRS 655, SHS 500 e 1F305, que são cultivares forrageiros, na região da Jaíba-MG, obtiveram relação linear significativa para produtividade de matéria seca em função das densidades de plantio, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 92,1%, obtendo produtividades médias de 21,06; 20,38 e 18,31 toneladas por hectare de matéria seca, nas densidades de 100, 140 e 180 mil plantas por hectare respectivamente. Os mesmos autores avaliaram ainda as produtividades de matéria seca por hectare em função de diferentes espaçamentos de plantio entre linhas, sendo que obtiveram 20,53; 17,91 e 20,28 toneladas utilizando os espaçamentos de plantio entre linhas de 50; 70 e 90 centímetros, respectivamente, para o híbrido de sorgo BRS 610.

Pelo fato da semente de sorgo ser pequena, é necessário o plantio quase superficial (3 a 5 cm). O solo deve estar bem preparado e bem destorroado, para facilitar a emergência das plântulas (Viana et al. 2001).

Considerando-se a produção em função da época de plantio, verifica-se que ela está muito associada, entre outros fatores a disponibilidade de água no solo. Dentre outros fatores, são observados menores rendimentos do sorgo nos meses de dias mais curtos e temperaturas noturnas mais baixas. Pelo fato de ser uma gramínea tipicamente tropical, não é tolerante ao frio, quando a temperatura média cai abaixo de 12° C, o crescimento é retardado alongando

muito o ciclo (Viana et al. 2001). Conforme Viana (1997), o plantio de verão na região Sudeste do Brasil deve ocorrer entre os meses de setembro e dezembro, e na safrinha até a primeira quinzena de março.

## **2. PRODUÇÃO E VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS DE SORGO**

Com valor nutritivo próximo ao do milho (85% a 95%), o uso do sorgo (planta inteira) para ensilagem é favorecido por apresentar altos níveis de carboidratos solúveis, capacidade tamponante relativamente baixa, conteúdo de matéria seca acima de 20% e estrutura física que favorece a compactação durante o enchimento do silo (Gonçalves et al., 2005).

Na alimentação animal o sorgo fornece grãos para rações de monogástricos e de ruminantes e a planta inteira pode ser utilizada como alimento volumoso para ruminantes nas formas de rolão (planta inteira seca), forragem verde para corte e pastejo, ou silagem (Zago, 1991). Como planta forrageira, o sorgo caracteriza-se pela alta produção de matéria seca, pela capacidade de rebrota e pela eficiência no uso da água (Wheeler, 1980).

A composição em nutrientes, o consumo voluntário e o aproveitamento dos componentes nutricionais determinam o valor nutritivo dos alimentos. Segundo Minson e Milford (1967), a deficiência de nutrientes específicos na dieta poderá limitar seu consumo pelos animais. Já conforme Van Soest (1994), o consumo representa um dos fatores mais importantes associados à produção animal. Enquanto para Minson (1990), o coeficiente de digestibilidade é um dos principais parâmetros para se qualificar um alimento volumoso, pois fornece a informação do aproveitamento das diversas frações nutritivas. Assim sendo, estudos abordando a composição químico-bromatológica, o consumo e a digestibilidade são pré-requisitos para apontar os genótipos superiores em avaliação nos programas de melhoramento e seleção de forrageiras.

O sorgo BRS 610 é um híbrido forrageiro desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo para atender a crescente demanda dos produtores por maior eficiência na alimentação de bovinos.

Existe uma grande variabilidade entre a composição de nutrientes nos diferentes híbridos de sorgo. Estas variações ocorrem devido, principalmente, a diferentes proporções entre colmo,

folhas e panícula, mas também devido a diferenças no valor nutritivo destas frações (Gonçalves et al., 2005).

Os teores de proteína bruta (PB), das plantas de sorgo podem variar bastante, atingindo valores de 2,5 a 13,6% (Gaggiotti et al., 1992). Essas variações, segundo Gontijo Neto et al. (2002), são atribuídas a fatores como cultivares, estádios de maturação e adubação, entre outros. Segundo Van Soest (1994), existe alta correlação negativa entre o teor de fibra em detergente neutro (FDN) e o consumo de MS pelos ruminantes.

Faria Júnior (2008) encontrou valores médios de proteína bruta de 3,64%, 11,10% e 9,89% e de fibra em detergente neutro (FDN) de 79,2%, 69,25% e 40,77% no colmo, folha e panícula, respectivamente, do sorgo BRS-610 avaliado em oito estádios de maturação dos grãos (Enchimento dos grãos até grãos secos), comprovando a importância da proporção das partes da planta sobre o valor nutritivo.

Com o avanço do estágio de maturação, ocorre aumento do teor de amido na planta de sorgo, decorrente da conversão de carboidratos solúveis, armazenados temporariamente no colmo, em amido, depositado no grão. A redução do conteúdo de carboidratos solúveis no colmo é acompanhada por aumento nos teores de FDN, FDA e lignina (Machado, 2009). Demarchi et al. (1995) recomendam que os sorgos com altas porcentagens de grãos sejam colhidos entre os estádios leitoso e pastoso; sorgos com porcentagens médias, entre os estádios pastoso e farináceo; e sorgos com baixa porcentagem de grãos, no estágio de grão duro. Segundo Tonani (1995), a ensilagem do sorgo deveria ser realizada quando os grãos da planta estivessem no estágio leitoso a pastoso, pois com o avanço da maturidade há redução na digestibilidade da matéria seca das frações fibrosas. Essa redução ocorre devido a lignificação e formação de ligações entre a lignina e as hemiceluloses.

Rodrigues Filho et al. (2006) avaliaram quatro genótipos de sorgo adubados com três doses de nitrogênio: N1 = 50, N2 = 75 e N3 = 100 kg/há. Esse experimento foi conduzido em Goiânia-GO, a precipitação média nos meses do experimento foi de 250 mm, com temperaturas mínima e máxima em torno de 18°C a 30°C, respectivamente. Encontraram teores de matéria seca (MS) de 22,86, 27,71, 24,82 e 31,51%, proteína bruta (PB) de 6,97, 7,78, 4,85 e 7,34 %, fibra em detergente neutro (FDN) de 50,28, 48,45, 37,29 e 53,05%, fibra em detergente ácido (FDA) de 41,48, 40,05, 38,75 e 33,82% e nutrientes digestíveis totais

(NDT) de 62,66, 66,00, 63,35 e 64,26% da matéria seca, para os híbridos BRS 610, CMSXS 762, BR 506 e BR 700, respectivamente, em estádio de grãos pastosos. Observa-se que mesmo genótipos forrageiros apresentam valores nutricionais distintos. Ao escolher o genótipo de melhor custo benefício para produção de silagem, deve optar pelo de maior produção de matéria seca digestível.

Segundo Viana et al. (2001), estão disponíveis no mercado três tipos de sorgo como recurso forrageiro: os sorgos graníferos, os forrageiros (duplo propósito, corte e pastejo e tradicionais) e os sacarinos. Estes híbridos variam na altura, produção de matéria seca e composição bromatológica, produzindo silagens com valores nutritivos diferentes. Os híbridos graníferos 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. No Brasil são cultivados principalmente com a finalidade de produção de grãos para alimentação animal, sendo um importante cereal utilizado na alimentação humana na África e Ásia. Os sorgos graníferos estão ainda sendo muito utilizados com o objetivo de produzir grãos para produção de silagens de grão úmido, de melhor aproveitamento energético pelos ruminantes. Os sorgos do tipo forrageiro são adaptados para produção de silagem e para corte verde, com altura entre 2 e 3 metros. Além disso, existem híbridos de duplo propósito (forragem e grão), com altura média em torno de 2 metros. Os híbridos de porte alto produzem silagens com valores nutritivos normalmente inferiores aos 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, pastejo, corte direto e silagem (Borges, 1995 e Bernardino, 1996). Forragens de sorgo é um alimento essencialmente energético, sendo que a maior fonte energética está nos grãos (Viana et al. 2001). Assim, quanto mais grão tiver a planta, melhor será a sua qualidade.

Magalhães et al. (2010) avaliaram a produção de matéria seca em toneladas/hectare de 25 híbridos de sorgo de duplo propósito na região de Sete Lagoas - MG. Realizaram o corte das matérias com os grãos no estádio leitoso/pastoso, e obtiveram valores bastante distintos que variaram de 16,08 t/ha a 7,47 t/ha. Os autores afirmaram que as variações encontradas nas produtividades de matéria seca dos genótipos estudados podem ser explicadas pelas suas diferentes características morfológicas e qualitativas. Partindo do princípio que os materiais são de duplo propósito, ou seja, tem boa produção de panícula inserida na massa total, torna-

se fundamental escolher o híbrido mais produtivo, favorecendo maior rentabilidade ao sistema de produção.

Oliveira et al. (2010) avaliaram as produções em toneladas por hectare (t/ha) de matéria seca de dois híbridos de sorgo sendo um forrageiro (BRS 601) e o outro sudão, foram cultivados na região de Itapetinga – BA, durante os meses de condução do experimento a precipitação total foi de 320 mm. Encontraram valores de 23,14 t/ha e 19,61 t/ha para o sorgo forrageiro e sudão, respectivamente. Os dois híbridos fecharam o ciclo rapidamente, com 69 (BRS 601) e 75 dias (Sudão) após o plantio, devido, provavelmente, a pluviosidade durante o período experimental. No momento do corte estavam com teores de matéria seca de 28,2 e 29,5%, respectivamente, confirmando a precocidade dos materiais. Os autores destacaram ainda, a contribuição percentual na matéria seca das diferentes frações das plantas, com 6,7, 10,8 e 82,3% de panícula, folha e colmo respectivamente para o BRS 601 e 18,6, 11,3 e 70,0% para o sorgo - sudão.

Rodrigues Filho et al. (2006) encontraram produções médias de matéria natural (PMN) de 63,90, 59,93, 67,56 e 45,87 t.h<sup>-1</sup> e de matéria seca (PMS) de 14,22, 15,40, 16,38 e 14,69 t.h<sup>-1</sup> para os genótipos BRS 610, CMSXS 762, BR 506 e BR 700, respectivamente, em estágio de grãos pastosos. Não encontraram diferenças nas produções de MN e MS em função da adubação. Para Correa (1996), existe uma alta correlação entre as PMS e PMN, indicando que valores de PMN são bastante confiáveis. Os dados de produção MS encontrados por esses autores foram semelhantes aos encontrados por Gomide et al. (1987), com variação de 11,3 a 18,4 t/ha, e superiores aos de Molina (2000), em avaliação da produção de seis híbridos, apresentando variações de 4,5 a 7,9 t/ha, inclusive com cultivares de porte alto.

Rezende et al. (2011) avaliaram as produções em matéria natural (PMN) e matéria seca (PMS) de cinco genótipos de sorgo cultivados em Janaúba no norte de Minas Gerais no período do inverno. Encontraram PMN de 28,84, 27,26, 25,19, 29,49 e 21,55 t.ha<sup>-1</sup> e de matéria seca de 8,94, 9,08, 8,00, 9,98 e 7,54 t.ha<sup>-1</sup> para os genótipos Volumax, AG 2005E, Qualimax, BRS 610 e AG 2501, respectivamente. As produções foram inferiores as médias encontradas na literatura para os referidos genótipos, no entanto foi razoável para um período em que não há precipitação e que as temperaturas médias são mais baixas. Não afirmaram no trabalho qual foi o estágio de maturação dos grãos em que as plantas foram cortadas e nem se

houve irrigação. Nessa região é possível haver produções no inverno, pois as temperaturas médias são superiores aos 12°C, no entanto tem-se que irrigar.

A produção de matéria seca digestível (PMSD) é um parâmetro que agrega e interrelaciona produtividade e valor nutritivo. Candido (2000) encontrou valores entre 6,93 e 8,81 t.ha<sup>-1</sup> para cinco híbridos de sorgo colhidos no estágio farináceo. Faria Júnior (2008), avaliando o BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos, obteve valores de PMSD semelhantes entre os estádios leitoso e pastoso, de 5,87 e 6,23 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mas inferior no estágio farináceo, de 4,85 t.ha<sup>-1</sup>. Machado (2009) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo), obteve valores superiores nos estádios leitoso e pastoso, de 9,84 e 9,14 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mas inferior no estágio farináceo, de 6,65 t.ha<sup>-1</sup>. Santos et al. (2013) avaliaram o híbrido de sorgo BRS 610 no estágio de grãos leitoso/pastoso e obtiveram produções de 9,7 t.ha<sup>-1</sup> de matéria seca digestível. Até mesmo para o mesmo híbrido há variações nas produções de matéria seca digestível, pois ela é muito influenciada pela digestibilidade e pela produtividade de matéria seca, que, por conseguinte é influenciada por uma série de fatores como pluviosidade, temperatura, densidade de plantio, manejos culturais, níveis de adubação, etc.

### **3. TÉCNICAS *IN VITRO* DE PRODUÇÃO DE GASES**

Diversos métodos químicos e biológicos foram desenvolvidos para estimar a digestibilidade e degradabilidade de alimentos, predizendo, assim, o valor nutritivo dos mesmos. Os ensaios *in vivo* envolvendo produção animal e digestibilidade são os métodos mais precisos para determinar o valor nutricional dos alimentos. Entretanto, os mesmos requerem consideráveis uso de animais, alimentos, mão-de-obra, tempo e alto custo financeiro. Já os estudos *in situ* podem superestimar a degradação química e microbiana no rumem, tendo em vista a perda de partículas pelos poros dos sacos de náilon. Desta forma, metodologias *in vitro* de avaliação de alimentos têm sido utilizadas para a determinação do valor nutricional de forrageiras, apresentando altas correlações com o consumo e a digestibilidade *in vivo* (Ørskov, 2002). Estas técnicas possuem menor custo, menor tempo de execução e melhor controle das condições experimentais (Fondevilla e Barrios, 2001).

A técnica *in vitro* de produção de gases tem a capacidade de demonstrar a cinética de degradação da forrageira incubada com inóculo ruminal em meio tamponado, sendo a

produção de gases proporcional a digestibilidade do material avaliado. Alguns pesquisadores começaram a avaliar a cinética de fermentação por meio de estudos “*in vitro*” de produção de gases, utilizando seringas de vidro (Hidayat et al., 1993; Khazaal e Orskov, 1994). Porém, nesses estudos a necessidade de leitura de volume de gás produzido era alta, tornando a técnica muito trabalhosa, limitando o número de substratos a serem analisados.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999) apresenta comprovado potencial em descrever a cinética da fermentação no rúmen, fornecer a taxa e a extensão da degradação das forrageiras pelos microrganismos do rúmen (Cabral et al., 2002). Essa técnica permite avaliar grande número de substratos por experimento, apresentando alta acurácia nas medições, simplicidade no manuseio de equipamentos e baixo custo na implantação por amostra analisada (Maurício et al. 2003).

A técnica RTP foi instalada no Laboratório de Produção de Gases da Escola de Veterinária da UFMG no início dos anos 2000 (Tomich et al. 2012). Desde então, se mostrou uma importante ferramenta nos estudos realizados nesta instituição para a avaliação de alimentos para ruminantes, especialmente para os estudos sobre estratégias de manejo e aqueles inseridos em programas de seleção e melhoramento de forrageiras (Tomich et al., 2003; Souza et al., 2011). Seguindo o princípio das técnicas *in vitro*, a RPT apresenta, entre as vantagens frente às metodologias *in vivo* e *in situ* de avaliação de alimentos para ruminantes, a necessidade de menor trabalho experimental, menor custos para execução e a possibilidade de avaliação de grande número de alimentos em um único experimento. Simulando a digestão no rúmen é capaz de estimar o aproveitamento dos alimentos pelos ruminantes, atualmente esta técnica experimental está em evidência devido às adaptações que vem sofrendo para permitir avaliar as concentrações de gases e a associação com impactos ambientais derivados da pecuária (dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> e metano – CH<sub>4</sub>) presentes nos frascos de incubação.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases também pode ser relacionada com a predição do consumo da matéria seca (Blümmel e Ørskov, 1993), auxiliar na seleção de genótipos superiores (Nogueira et al., 2004). Diversos fatores podem afetar a eficiência da técnica de produção de gás, como a preparação do meio tampão, preparação da amostra, a qualidade do fluido ruminal e a temperatura.

A preparação da amostra envolve um serie de fatores que devem ser considerados. A padronização do tamanho da partícula é de extrema importância. A moagem em um tamanho de partícula menor eleva a superfície de contato entre o microrganismo e o substrato, favorecendo a degradação microbiana (Williams, 2000). A maioria dos trabalhos envolvendo a técnica de produção de gases recomenda que o substrato seja moído em peneiras com crivo de 1 mm (Menke et al., 1979; Mauricio et al., 1999).

O líquido ruminal repleto de microorganismos (bactérias, protozoários e fungos) capazes de degradar os substratos dos volumosos e dos concentrados, merece especial atenção na obtenção e manipulação previamente a inoculação. A composição do líquido ruminal pode variar dependendo do dia, da hora, do tipo de animal e da dieta recebida pelo doador (Pel e Schofield, 1993). Segundo Williams (2000) os microrganismos de um líquido ruminal coletado de um dia para o outro são menos ativos que aqueles coletados duas horas após a refeição. Menke e Steingass (1988) recomendam que o líquido ruminal seja coletado antes da refeição do animal. Esta metodologia tem sido adotada por vários autores (Blummel e Orskov, 1993; Pell e Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994).

A proporção de diluição do líquido ruminal com a solução tampão antes da inoculação também podem afetar a resposta de produção de gases. Segundo Tilley-Terry (1963), meios de cultura contendo de 20% a 25% de líquido ruminal apresentam os melhores resultados. Pell e Schofield (1993) recomendam a relação uma parte de líquido ruminal para cinco partes do meio tampão. Hidayat et al., (1993) incubando diferentes forrageiras encontraram aumentos nas taxas de produção de gases em resposta ao incremento da densidade bacteriana.

O processo fermentativo ruminal envolve uma série de reações, onde os microrganismos hidrolisam os polissacarídeos das plantas como a celulose, as hemiceluloses, as pectinas, as frutanas e o amido a monômeros ou dímeros de açúcar, os quais são então fermentados. O desdobramento da energia dos carboidratos, oriundos dos microrganismos ruminais (bactérias, fungos e protozoários), é a produção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o ácido acético, propiônico e butírico, além dos gases metano e dióxido de carbono (Hobson, 1997). Pela técnica *in vitro* de produção de gases, estes ácidos graxos voláteis podem ser mensurados.

Na maioria das situações alimentares o ácido acético é predominante, e com o ácido butírico refletem dietas ricas em forragens, na qual, bactérias celulolíticas predominam. Em contraste, bactérias amilolíticas dominam em dietas enriquecidas com amido, onde o incremento dos teores do ácido propiônico são normalmente observados (Beever & Mould, 2000). A produção de gases oriunda da fermentação ruminal de proteína é relativamente menor que a oriunda de carboidratos, e irrisória quando advém da fermentação de gordura (Getachew et al., 1998).

A atividade microbiana, os volumes de gases produzidos e a pressão mudam com a temperatura. Deve haver controle rígido de temperatura (39°C) durante o experimento de degradabilidade *in vitro*. A quantidade de gás em moles é determinada pela temperatura e pressão seguindo a lei geral dos gases:

$$PV = nRT$$

Onde  $P$  é a pressão medida em atmosferas (atm);  $V$  é o volume do gás em litros;  $n$  é o número de moles do gás;  $R$  (0,082) é a constante molar dos gases a 0°C e 760 mm de Hg;  $T$  é a temperatura em graus Kelvin.

Como cada laboratório está localizado em diferentes regiões, deve-se fazer ajustes para medir o valor correto de volume conforme a pressão de gás produzido (Mauricio et al., 1999), para cada laboratório deve haver uma equação para transformação dos dados de pressão em volume de gases produzidos.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, R.G.; RODRIGUES, J.A.S.; et al. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região Norte de Minas Gerais. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.35, n.3, p.494-501, 2011.

BARUQUI, A.M. *Solos para a cultura de sorgo. Informe Agropecuário*, v.5, n.56, p.13-15, 1979.

BEEVER, D.E.; MOULD, F.L. *Forage evaluation for efficient ruminant livestock production*. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E et al. (Ed). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford: CAB International Publishing, 2000, p.15-42.

BERNARDINO, M.L.A. *Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo*. 1996, 44f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

BERNIZ, J.M.J. *Efeito de espaçamento, densidade de plantio e adubação sobre produção de grãos e alguns caracteres agronômicos do sorgo granífero (Sorghum bicolor (L.) Moench)*. Viçosa: UFV, 1976. 27p. Tese Mestrado.

BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of in vitro gas production and nylon degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.109-119, 1993.

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, 52f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade in vitro da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.6, p.2332-2339, 2002.

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

CNPMS – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. *Sorgo BRS 610 - Sorgo Forrageiro de porte alto para produção de silagem*. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/produtos/produtos/brs610.html>. Acesso em: 20 jun. 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Séries históricas relativas às safras 1976/77 a 2012/2013 de área plantada, produtividade e produção*. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&ordem=produto&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&ordem=produto&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos). Acesso em: 18 jun. 2013.

CORRÊA, C.E.S. *Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L.) em diferentes estádios de maturação*. 1996, 121p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Nutrição Animal) Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.

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

DOGGET, H. *Sorghum Longmans Green and Co, Ltd. London, 1970*.

FARIA JÚNIOR, W. G. *Avaliação agrônômica e nutricional do híbrido de sorgo BRS 610 (Sorghum bicolor (L.) Moench) em oito idades de corte*. 2008. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

FONDEVILLA, M.; BARRIOS, A. The gas production and its application to the study of the nutritive value of forages. *Cuban J. Agric. Sci.*, v. 35, n. 3, p. 187-199, 2001.

GAGGIOTTI, M.C.; ROMERO, L.A.; BRUNO, O.A. et al. Cultivares de sorgos forrajeros para silage. II. Características fermentativas y nutritivas de los silajes. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, v.12, p.163-167, 1992.

GETACHEW, G.; BLUMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S. et al. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.72, n.3-4, p.261-281. 1998.

GOMIDE, J. A.; ZAGO, C. P.; CRUZ, M. E. Milho e sorgo em cultivos puros ou consorciados com soja, para produção de silagens. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 16 (4): 309-317, 1987.

GONÇALVES, L.C.; PIRES, D. A.A; CASTRO, G.H.F. *Algumas considerações sobre silagens de sorgo*. IN: III SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 2005. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2005. p.5-18.

GONTIJO NETO, M.M.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. et al. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade in vitro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, p.293-301, 2002.

HIDAYAT, H.K., C.J. NEWBOLD AND C.S. STEWART, The contributions of bacteria and protozoa to ruminal fermentation of forage in vitro, as determined by microbial gas production. *Animal Feed Science Technology*, 42: 193-208. 1993.

HOBSON, P.N. Introduction. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London: Blackie Academic and Professional, p.1-9, 1997.

KHAZAAL, K.; ORSKOV, E.R. The in vitro gas production technique: and investigation on its potential use with insoluble polyvinylpyrrolidone for the assessment of phenolics-related antinutritive factors in browse species. *Animal Feed Science Technology*. v.47, p. 305-320, 1994.

MACHADO, F. S. *Avaliação agronômica e nutricional de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) e de suas silagens em três estádios de maturação*. 2009. 107p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

MAGALHÃES, R. T.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. et al. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.3, p.747-751, 2010.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Animal Feed Science Technology*, v.79, p.321-330, 1999.

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica in vitro semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.55, p.216-219, 2003.

MENKE, K.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS, H. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal Agricultural Science*, Cambridge, v.93, n.2, p.217–222, 1979.

MENKE, K.H., STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.*, 28(1):7-55. 1988.

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

MINSON, D.J.; MILFORD, R. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbens*). *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. v.7, p.546-551, 1967.

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.52, n.4, p.385-390, 2000.

NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Predição da degradação da matéria seca através do volume de gases produzidos utilizando a técnica in vitro semi-automática de produção in vitro de gases. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. *Anais...*Campo Grande: SBZ, 2004. (CD-ROM).

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; VIANA, A. E. S. et al. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.12, p.2604-2610, 2010.

ØRSKOV, E. R. *Trails and trails in livestock research*. Aberdeen: Garamond, 2002. 204p.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci*, v.76, n.4, p.1063-1073. 1993.

REZENDE, G. M.; PIRES, D. A. A.; BOTELHO, P. R. F. et al. Características agrônômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivados no inverno, para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.10, n.2, p.171-179, 2011.

RIBAS, P.M. Sorgo: *Introdução e Importância Econômica*. Documentos /CNPMS, n.26, p.65, 2003.

RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A.F.S.; OLIVEIRA, R.P. et al. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, v.7, n.1, 2006.

ROONEY, L.W. Sorghum improvement: Integrating traditional and new technology to produce improved genotypes. In: SPARKS, D.L. *Advances in Agronomy*, N.83, 2004, p.37-109.

ROONEY, L.W.; KHAN, M.N.; EARP, C.F. The technology of sorghum products. In: INGLET, G.E.; MUNCH, L. (Ed.). *Cereal for food and beverage*. New York: Academic Press, 1980, p.513-554.

SANTOS, F.G., *Cultivares de sorgo*, (Comunicado técnico 77, EMBRAPA MILHO E SORGO), 2003. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/comuni77.pdf>.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A. et al. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. *Acta Scientiarum. Animal Sciences, Maringá*, v.35, n.1, p.13-19, Jan.-Mar., 2013.

SOUZA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Cinética de fermentação ruminal in vitro da forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, p.382-391, 2011.

TAYLOR, J.R.N.; SCHOBER, T.J.; BEAN, S.R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*, v.44, p.252-271, 2006.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.48, p.185-197, 1994.

TILLEY, J. M.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grass. Soc.*, v. 18, n. 2, p. 104-111. 1963.

TOMICH, T. R.; PIRES NETO, O. S.; RAPOSO, V. S. et al. Relação entre pressão e volume de gases para experimentos conduzidos no laboratório de produção de gases da Universidade Federal de Minas Gerais utilizando sacolas de filtragem pra segregação dos resíduos de incubação. *Caderno de Ciências Agrárias*, v.4, p.109-115, 2012.

TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M. et al. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 55, p.747-755, 2003.

TONANI, F. L. *Valor nutritivo das silagens de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação dos grãos*. Viçosa: UFV, 1995, 56p. Dissertação de Mestrado.

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

VIANA, A.C. *Época de plantio*. In: EMBRAPA – Centro nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). Manejo cultural do sorgo para forragem. Sete Lagoas, 1997. 66p. (EMBRAPA-CNCPS. Circular Técnica, 17).

VIANA, A.C.; RIBAS, P.M.; MIRANDA, J.E.C. Manejo cultural do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Embrapa Milho e Sorgo Sete Lagoas, MG, 2001, p.263-287.

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

WILLIAMS, B.A. Cumulative gas production techniques for forage evaluation. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E. et al. (Ed). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford: CAB International Publishing, 2000, p.189-214.

ZAGO, C.P. Cultura do sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, FEALQ. Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1991. p.169-217.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. Circular técnica, EMBRAPA/CNPMS, n.17, 1992. p.9-26.

### **CAPÍTULO III - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DAS PLANTAS INTEIRAS, PANÍCULAS, FOLHAS E COLMOS DO HÍBRIDO DE SORGO BRS-610 EM QUATRO ESTÁDIOS**

#### **RESUMO:**

Objetivou-se com esse estudo avaliar o número de plantas por hectare (Estande), a altura, as proporções de panícula, folha e colmo na matéria seca da planta e as produções de matéria natural (PMN), produções de matéria seca (PMS) e de matéria seca digestível (PMSD), em toneladas por hectare, da planta inteira e das frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro). O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com quatro idades de corte e quatro parcelas por idade de corte, determinou-se as equações de regressão para as variáveis analisadas em função da idade de corte a 5% de probabilidade. O estande de plantas não variou, com média de 145 mil plantas.ha<sup>-1</sup>. A altura das plantas também não variou, com média de 2,30 metros. O percentual da fração folha manteve-se constante durante o período avaliado com média de 22,71% da matéria seca total, a fração panícula apresentou comportamento linear ( $P < 0,05$ ) ao passo que a fração colmo teve redução linear ( $P < 0,05$ ) com a maturidade. A fração folha foi à única que teve a PMN diminuída com o avançar da idade ( $P < 0,05$ ), PMN da folha =  $23,721 - 0,140 X$ ,  $R^2 = 88,01$ , com X sendo a idade de corte da planta, já as PMN da planta inteira e das frações panícula e colmo se mantiveram constantes. Quanto as PMS a fração panícula apresentou comportamento linear ( $P < 0,05$ ), PMS da panícula =  $-7,101 + 0,120 X$ ,  $R^2 = 83,24$ , com X sendo a idade de corte. A planta inteira e a fração folha se mantiveram constantes durante o período avaliado com médias de 16,8 e 2,13 t.ha<sup>-1</sup> de MS. Já a fração colmo teve redução linear ( $P < 0,05$ ) na PMS com o avançar da idade de corte, PMS do colmo =  $15,490 - 0,077 X$ ,  $R^2 = 89,4$ , com X sendo a idade de corte. As produções de matéria seca digestível seguiram as mesmas tendências das PMS. A PMSD da panícula teve comportamento linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte, PMSD da panícula =  $-7,613 + 0,113 X$ ,  $R^2 = 88,0$  e a fração colmo teve redução linear ( $P < 0,05$ ), PMSD da fração colmo =  $12,702 - 0,077 X$ ,  $R^2 = 83,01$ , já a planta inteira e a fração folha mantiveram as PMDS constantes com o avançar da idade da planta.

**Palavras-chave:** aspectos agronômicos, sorgo forrageiro, volumoso

## **CHAPTER III - AGRONOMICAL CHARACTERISTICS OF WHOLE PLANTS, PANICLES, LEAVES AND CULMS THE HYBRID SORGHUM BRS-610 IN FOUR STAGES**

### **ABSTRACT:**

The objective of this study was to evaluate the number of plants per hectare (stand), height, proportions of panicle, leaf and stem, plant dry matter, green matter production (GMP), dry matter production (DMP) and digestible dry matter production (DDMP) in tons per hectare, of whole plant and panicle, leaf and stem fractions of BRS 610 sorghum hybrid at four stages of grain maturity (milky, soft dough, hard dough and hard grain). The statistical design was completely randomized with four harvest ages and four plots per age. Regression equations were determined for all variables analyzed as a function of the harvest age at 5% probability. The plant stand did not change, averaging 145,000 plants.ha<sup>-1</sup>. Plant height also did not vary with an average of 2.30 meters. The percentage of leaf fraction remained constant during the period, with an average of 22.71 % of total dry matter. Panicle fraction showed a linear response ( $P < 0.05$ ) whereas stem fraction had a linear decrease ( $P < 0.05$ ) with maturity. Leaf fraction was the only one that had the GMP decreasing with advancing age of the plant ( $P < 0.05$ ), being leaf GMP =  $23.721 - 0.140 X$ ,  $R^2 = 88.01$ , with  $X$  being the harvest age of the plant. Whole plant and stem and panicle fractions PMN remained constant. Regarding the PMS, the panicle fraction showed a linear response ( $P < 0.05$ ), being panicle PMS =  $-7.101 + 0.120 X$ ,  $R^2 = 83.24$ , with  $X$  being the harvest age. The whole plant and leaf fraction remained constant during the period evaluated with averages of 16.8 and 2.13 t ha<sup>-1</sup> DM. Stem fraction PMS had a linear decrease ( $P < 0.05$ ) with advancing harvest age, being stem PMS =  $15.490 - 0.077 X$ ,  $R^2 = 89.4$ , with  $X$  being the harvest age. Yields of DDMP followed the same trends of DMP. The panicle DDMP was linear ( $P < 0.05$ ) as a function of the cut, being panicle PMSD =  $-7.613 + 0.113 X$ ,  $R^2 = 88.0$  and stem fraction had a linear decrease ( $P < 0.05$ ), being stem fraction DDMP =  $12.702 - 0.077 X$ ,  $R^2 = 83.01$ . Whole plant and leaf fraction DDMP remained constant with the advancing age of the plant.

**Keywords:** agronomic characteristics, forage, sorghum, forage

## 1. INTRODUÇÃO

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresenta maior tolerância à seca que outras gramíneas produtoras de grãos como milho, aveia, trigo e cevada. Além dessa importante característica, os trabalhos de seleção e de melhoramento genético do sorgo têm produzido materiais de alta produtividade de massa verde e de grãos, adaptados a várias condições de solo e clima e resistentes à maioria das pragas e doenças que acometiam essa planta no passado. Devido a esses fatos, o cultivo do sorgo tem crescido expressivamente no Brasil como alternativa agronômica e econômica ao milho (Antunes, 2010).

O sorgo tem se destacado como espécie que tem resistência a fatores ambientais adversos, elevadas produções de massa seca por área, bom padrão de fermentação e elevado valor nutritivo das silagens produzidas. Por esses motivos, tem havido no Brasil aumento das áreas cultivadas com esta cultura.

A variabilidade genética desta espécie permitiu o desenvolvimento de trabalhos de melhoramento que proporcionaram a obtenção de um grande número de híbridos. Cada um destes materiais apresenta características agronômicas e valor nutritivo diferentes, com conseqüentes variações quanto à produtividade e padrões de fermentação, resultando em silagens com diferentes qualidades. Esses fatores podem afetar o desempenho dos animais, tornando-se evidente a necessidade de estudos que conduzam a seleção de híbridos mais adequados aos sistemas de produção animal.

Os melhoristas na tentativa de obter altas produtividades de matéria seca aliada a bom valor nutricional têm procurado selecionar híbridos com bons equilíbrios entre panícula, folha e colmo. A participação da panícula é primordial na qualidade energética da forrageira, além de ser o principal constituinte na elevação da matéria seca. Os híbridos altos proporcionam maiores produtividades, no entanto de valor nutricional inferior, além de maior possibilidade de acamamento.

Nas forragens, os colmos são freqüentemente de menor qualidade e a relação folha-colmo pode ser usada como um indicativo do valor nutritivo da planta. Em alguns casos, devido à existência de variações entre cultivares, esta relação deve ser usada com cautela, pois nos

materiais que apresentam a mesma digestibilidade entre estas partes, a relação pode não ser válida.

De um modo geral, quando se melhora a qualidade do colmo, principalmente pela redução dos constituintes da parede celular e aumento dos açúcares solúveis, aumenta-se a frequência de acamamento das plantas, principalmente em cultivares de porte alto com proporção elevada de panícula. Plantas acamadas favorecem maiores perdas de material no campo, impossibilita a colheita agrícola, aumenta os custos de produção, muitas vezes torna a produção da silagem inviável.

Objetivou-se com esse experimento avaliar as características agronômicas do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Considerações gerais**

O híbrido de sorgo BRS-610 foi cultivado nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no Km 65 da rodovia MG 424, no município de Sete Lagoas - MG, entre as coordenadas 19° 28' de latitude sul e 44° 15' de longitude oeste de Greenwich. A região apresenta altitude média de 732 m, precipitação pluviométrica anual média de 1340 mm com concentração de 86% entre os meses de novembro e abril. Os dados climáticos do local no período experimental encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Dados climáticos médios, na região de Sete Lagoas-MG, no período de Janeiro a Maio de 2011

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)	Insolação (h/dia)
	Máxima	Mínima	Média			
Janeiro	30,2	19,3	23,8	163,6	72,24	6,8
Fevereiro	32,5	19,3	24,7	69,4	62,90	9,1
Março	29,3	19,3	23,1	354,6	78,38	4,2
Abril	29,3	17,8	22	15,3	71,09	8,1
Maio	28,1	-	17,3	0,9	66,03	8,5

Fonte: INMET, 2011.

O material foi implantado em área homogênea com espaçamento entre linhas de 70 centímetros. Para cada época de corte, que foram quatro, foram mensuradas e coletadas quatro parcelas, totalizando 16 unidades amostrais, sendo os cortes realizados nas linhas internas excluindo-se as extremidades.

A semeadura foi realizada no dia dezessete de janeiro de 2011. Realizou-se adubação de plantio com 350 kg/ha de 8-28-16 (N: P: K) + 0,5% Zn conforme exigência da cultura, baseado na análise química do solo que está na tabela 2. Após trinta (30) dias do plantio fez-se a adubação em cobertura com 200 kg/ha de uréia.

Na semeadura utilizou-se o sistema de plantio direto, para tanto se fez a dessecação da área com Glifosato e Paraquat nas dosagens de 3,5 kg/ha e 2,5 l/ha respectivamente, quinze dias antes do plantio. Quinze dias após a germinação do sorgo aplicou-se Atrazina na dosagem de 3,0 l/ha, para controlar as plantas invasoras.

As colheitas foram realizadas aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio, nessas idades os grãos se encontravam leitosos, pastosos, farináceos e duros, respectivamente. Para determinação dos estádios de maturação, avaliaram-se os grãos localizados no meio da panícula.

Tabela 2. Características químicas médias do solo referente à área utilizada no experimento

Parâmetros	Unidade	Profundidade solo (cm)	
		0 - 20	20 - 40
pH	-	5,80	5,80
P	mg.dm <sup>-3</sup>	7,91	3,01
K <sup>+</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	81,59	34,13
P rem.	mg.L <sup>-1</sup>	10,84	6,40
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	4,36	3,31
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	3,54	3,18
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,59	0,30
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,25	0,32
CTC	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	8,70	6,88
S.B.	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	4,34	3,57
V	%	49,88	51,87
Sat. Al <sup>3+</sup>	%	5,45	8,23
M.O.	g.dm <sup>-3</sup>	3,13	2,59
Cu <sup>2+</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	0,80	0,81
Mn <sup>2+</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	5,54	4,18
Zn <sup>2+</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	1,48	0,73
Fe <sup>2+</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	32,55	31,24
Classe textural	Latossolo distrófico amarelo		

## 2.2 Descrições do híbrido

O híbrido de sorgo BRS-610 pertence ao programa de melhoramento genético do Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo da EMBRAPA.

É um híbrido forrageiro que foi obtido do cruzamento dos materiais experimentais CMSXS 232 A x CMSXS 234 R, de porte alto (em torno de 2,50 metros), colmo seco com excelente padrão fermentativo, panícula semi-aberta, grãos vermelhos, endosperma semi-duro e sem tanino (Rodrigues et al., 2004). Apresenta alta porcentagem de grãos na massa da forragem, com teor protéico médio de 8%. Resistente a helmintosporiose, sendo também moderadamente resistente a antracnose e a ferrugem. É recomendada para as regiões Sul,

Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Recomenda-se para plantio de 6 a 8 kg de sementes por hectare, com densidade de 120.000 plantas/ha (CNPMS, 2013).

### **2.3 Procedimentos experimentais**

O estande de plantas foi obtido por meio da contagem de plantas na linha, no espaço de cinco metros de comprimento. Esse dado foi convertido em mil plantas por hectare pela multiplicação pelo fator de conversão  $2,8571 = [10/(1 \text{ linha} * 5 \text{ metros de comprimento} * 0,70 \text{ metros de espaçamento entre linhas})]$ . A altura das plantas foi determinada pelas medidas do nível do solo à extremidade superior da panícula, em 20% das plantas de cada parcela.

As plantas de cada parcela foram cortadas manualmente rentes ao solo e pesadas, o resultado foi utilizado para o cálculo da produtividade de matéria verde e seca por hectare. A estimativa da produtividade foi determinada pela multiplicação do peso das plantas obtidas pelo fator de conversão 2,8571.

Das plantas obtidas em cada parcela, separaram-se dez para realizar a mensuração de colmo, folha e panícula. Após o fracionamento pesou-se cada fração para obter a relação de cada fração na planta inteira. Amostras da planta inteira e de suas frações foram picadas em picadeira estacionária, homogeneizadas, amostradas em sacos plásticos e identificados. Todo o material foi enviado imediatamente para as dependências do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

As amostras foram submetidas a pesagem e à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após esse período o material retirado da estufa foi deixado por duas horas em temperatura ambiente para estabilização do peso, e assim pesado para determinação da matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram moídas a 1 mm em moinho tipo Willey e armazenados em frascos de polietileno lacrados e identificados.

Determinou-se o teor de matéria seca em estufa a 105°C (AOAC, 1995). Os resultados obtidos foram utilizados para obtenção dos dados de produtividade de matéria seca, contribuição das frações da planta em porcentagem na planta inteira e também produtividade em matéria seca das frações da planta (colmo, folha e panícula).

As amostras (planta inteira, colmo, folha e panícula) foram submetidas à análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) conforme Tilley e Terry (1963), adaptado por Holden (1999), para determinação da produção de matéria seca digestível por hectare.

## 2.4 Procedimento estatístico

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro idades de corte e quatro parcelas por idade, conforme o seguinte quadro de análise de variância e modelo estatístico:

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	15
Idade de corte	3
Erro	12

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

em que,

$Y_{ij}$  = observação da variável resposta no estágio de maturação “i”

$\mu$  = média geral

$T_i$  = efeito do estágio de maturação da planta;  $i = C1, C2, C3$  e  $C4$

$\epsilon_{ij}$  = erro aleatório no estágio de maturação “i”;  $\epsilon_{ij} = N(0, 1)$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e determinou-se as equações de regressão para as variáveis analisadas em função da idade de corte em nível de 5% de probabilidade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Número de plantas por hectare e altura das plantas

O estande variou de 142,86 e 147,14 mil plantas por hectare com média de 145,71 nos quatro cortes (Tabela 3). Não foram observados comportamentos lineares e quadráticos significativos

( $P > 0,05$ ) em função da idade de corte. Em todos os cortes o híbrido apresentou densidades acima do recomendado pela EMBRAPA, de 120 mil plantas por hectare (Rodrigues et al., 2004), em muitos casos, densidades altas pode favorecer acamamento do material, em decorrência ao menor diâmetro do colmo, principalmente em fase mais avançada de maturação que a panícula tem maior deposição de amido e está mais pesada, tombando a planta. Os valores obtidos neste experimento foram superiores ao valor médio encontrado por Machado (2009) ao avaliar o BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos quando encontrou 101 mil plantas/ha. No entanto os valores encontrados foram inferiores aos encontrados por Faria Júnior (2008) de 155 mil plantas/ha para o BRS 610, colhido em oito estágios de maturação, e aos obtido por Oliveira et al. (2005) que encontraram 186,82 e 204,00 mil plantas/ha avaliando os híbridos BRS 610 e BR 700, respectivamente, colhidos no estádio pastoso/farináceo. Essas variações encontradas na literatura podem ser explicadas pela falta de padronização nos plantios, além dos distintos tratos culturais e condições edafoclimáticas das regiões de cultivo. Albuquerque et al. (2011) afirmam que o aumento da densidade de semeadura pode afetar a produção de MS, principalmente em locais com déficit hídrico o que não foi o caso deste experimento, uma vez que o experimento foi submetido a irrigação sempre que necessário.

Tabela 3. Estande (mil plantas por hectare) e Altura das plantas (metros) e equações de regressão com respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
Estande (mil plantas/ha)	142,86	147,14	145,71	147,14	-	-	NS	8,3
Altura (metros)	2,27	2,30	2,35	2,30	-	-	NS	3,7

NS = Não significativo

As alturas das plantas do híbrido de sorgo BRS 610 no momento dos cortes, variaram de 2,27 a 2,35 metros, apresentado média de 2,30 metros (Tabela 3), que o classifica como sorgo forrageiro Rodrigues et al. (2004). Assim como o estande de plantas, a altura das plantas não apresentou comportamento significativo ( $P > 0,05$ ) em função da idade de corte. Praticamente houve constância na altura das plantas durante o período que o material foi cortado. Em todos os cortes, obteve-se plantas com alturas inferiores as descritas pela EMBRAPA, por

Rodrigues et al. (2004) que é de 2,50 metros. A altura das plantas é uma característica que normalmente determina o potencial produtivo de matéria seca e verde por hectare (Neumann et al., 2002). Os valores encontrados nesse estudo foram inferiores aos encontrados por Oliveira et al. (2005) de 2,43 metros para o híbrido de sorgo BRS 610 submetido a três diferentes doses de nitrogênio (50, 75 e 100 kg/ha) e por Faria Júnior (2008) que também encontrou altura média de 2,43 metros para o mesmo genótipo em oito idades de corte. Já Machado (2009) avaliando o mesmo híbrido encontrou valor médio de 2,23 metros em três estágios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo). Os diferentes valores referentes à altura do mesmo híbrido encontrado na literatura mostram como é importante o manejo cultural, a pluviosidade, a temperatura média, e a adubação para se obter boas produtividades com a cultura. Botelho et al. (2010) conduziram experimento com o híbrido de sorgo BRS 610 em Janaúba-MG e constataram alturas de 2,30 e 2,03 metros no primeiro corte e rebrota, respectivamente. Segundo Molina et al. (2000) a correlação entre altura da planta e acamamento é altamente positiva, visto que é uma característica indesejável em forrageiras destinadas a produção de silagem, podendo elevar os custos de produção.

### **Porcentagem de panícula, folha e colmo**

As frações panícula e colmo se comportaram de maneira inversa, sendo que a fração folha praticamente se manteve constante durante o período experimental (Tabela 4). No último corte a fração panícula apresentou valores de 42,18%, adequando-se como um bom híbrido para a produção de silagem de boa qualidade, já que Silva et al. (1999) afirmaram que é necessário participação mínima de 40% de panícula na massa total para obtenção de silagens de boa qualidade.

Tabela 4. Porcentagem de panícula, folha e colmo na matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
Porcentagem na matéria seca								
Panícula	29,13	37,17	36,69	42,18	$Y = -24,761 + 0,552 X$	0,86	<0,01	11,9
Folha	21,55	21,95	25,03	22,33	-	-	NS	10,3
Colmo	49,32	40,88	38,28	35,49	$Y = 110,579 - 0,629 X$	0,91	<0,01	7,1

NS = Não significativo

As porcentagens de panícula na matéria seca da planta inteira aumentaram de forma significativa ( $P < 0,01$ ), com o avançar da idade (Tabela 4). O comportamento dessa fração resultou na equação linear, % panícula =  $-24,761 + 0,552 X$   $R^2 = 0,86$ , em que X corresponde a idade de corte da planta. Nessa avaliação os valores passaram de 29,13 para 42,18% de panícula na composição da planta inteira em 21 dias. O aumento na proporção de panícula com o avanço da maturação era esperado, uma vez que há intensa translocação de nutrientes da parte vegetativa para a completa formação das sementes (Araújo, 2002). Os aumentos na participação da panícula são desejáveis, pois representam a fração de melhor valor nutritivo e um dos principais fatores que influenciam na velocidade de elevação da matéria seca na planta (Carvalho et al., 1992). Santos et al. (2013) avaliaram as proporções de panícula na massa total, baseado na matéria seca do híbrido de sorgo BRS 610, cultivado em Petrolina – PE, quando os grãos estavam no estágio leitoso/farináceo, obtiveram resultados de 41%, bastante próximos aos obtidos nesse experimento no estágio de grão duro. Faria Júnior (2008) avaliou o BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos (Enchimento até grãos secos) encontrou aumentos significativos ( $P < 0,05$ ) nas porcentagens de panícula na matéria seca da planta até estágio pastoso/farináceo, e a partir do estágio farináceo não encontrou diferença. Em números absolutos verificou redução na porcentagem de panícula nos cortes realizados em estágio de grãos duros e estágio de grãos secos. O maior valor numérico foi observado no estágio de grãos farináceos (42,9%). Oliveira et al. (2005) avaliaram quatro genótipos (BRS 506, BRS 610, BR 700 e CMSXS 762) em três doses de adubação nitrogenada (50, 75 e 100 kg/ha), encontraram em média 37% de panícula na matéria seca total produzida. Pereira et al. (1993), afirmaram que a proporção de panícula na planta de sorgo é inversamente

proporcional ao seu porte. Esses autores obtiveram participações de 11%, 18% e 30% de panícula na matéria natural, respectivamente para os sorgos de porte alto, médio e baixo. No entanto colheitas com a planta em estádios mais avançados de maturação dos grãos para fornecimento como forragem podem favorecer perdas dessa fração nas fezes dos animais pela redução da degradabilidade no rúmen, em função de maior densidade e maior dureza do pericarpo.

As porcentagens de folha na matéria seca total da planta inteira praticamente não oscilaram no período de avaliação, não havendo significância ( $P > 0,05$ ), como pode ser observado na tabela 4, em função da idade de corte do material. Já no primeiro corte a fração folha contribuiu apenas com 21,55% na matéria seca total, ao passo que transcorridos 21 dias apresentou novamente valor aproximado (22,33%). Valores menores foram obtidos por Silva et al. (2011), que conduziram experimento em condições climáticas mais precárias, onde constataram que a fração folha contribuiu com apenas 10,16% na matéria seca total produzida, sendo que obtiveram percentual de 1,5% de material morto, composto basicamente por folha, que contribuiu para acentuar a queda na participação total. Valores igualmente baixos foram encontrados por Santos et al. (2013) ao avaliarem também o híbrido BRS 610, que obtiveram 7,9% da fração folha na massa seca total produzida. Machado (2009) também avaliando o BRS 610 encontrou em média 19,16% da fração folha nos momentos de grãos leitoso, pastoso e farináceo, constatando também que não houve diferença significativa entre os estágios avaliados. Já Faria Júnior (2008), também avaliando o BRS 610 em oito estágios de maturação, encontrou comportamento linear significativo ( $P < 0,05$ ), com redução progressiva da fração folha, variando de 27,2% (Estágio 1- enchimento dos grãos) a 8,65% (Estágio 8 - grão seco) com a maturidade da planta. A equação de regressão linear, %Folha =  $55,006 - 0,3374 X$ ,  $R^2 = 0,92$ , em que X corresponde a idade de corte da planta, indica reduções a taxa de 0,34% ao dia com o avanço da maturidade da planta. Esse comportamento era esperado em virtude do aumento da panícula, que exerce efeito diluidor sobre as porcentagens de folha e colmo na MS da planta com o avançar da idade de corte.

As porcentagens da fração colmo na matéria seca (MS) total diminuíram significativamente ( $P < 0,01$ ) com o aumento da idade de corte (Tabela 4). O comportamento apresentado por essa fração está representado pela equação de regressão linear %colmo =  $110,579 - 0,629 X$ ,  $R^2 = 0,91$ , em que X corresponde a idade que a planta foi cortada. No intervalo de 21 dias o percentual de contribuição da fração colmo na matéria seca total diminuiu quase 14%, saindo

de 49,32 para 35,49%. Este resultado também era esperado, devido ao aumento também linear da fração panícula, que proporcionou efeito diluidor na massa total produzida. Machado (2009) encontrou resultados semelhantes ao do presente estudo, com 54,39, 45,27 e 39,19% da fração colmo na MS nos estágios leitoso, pastoso e farináceo, respectivamente. Já Faria Junior (2008) observou efeito quadrático da porcentagem de colmo em relação à idade de corte e correlação entre essas variáveis de -0,42. No entanto Santos et al. (2013) também avaliando o híbrido BRS 610, no estágio leitoso/farináceo dos grãos encontraram 51,1% da fração colmo na matéria seca total produzida, nesse experimento nem os teores elevados de panícula conseguiram diluir e diminuir os teores de colmo, visto que o percentual de folha (7,9%) foi bastante aquém da média descrita na literatura. Brito et al. (2000) observou variações na porcentagem de colmo na MS de 67,82% a 79,05% para híbridos de porte alto, e de 41,38% a 54,70% para híbridos de porte baixo. A porcentagem de colmo é correlacionada com a altura das plantas, e como esta fração apresenta menores coeficientes de digestibilidade, pode haver comprometimento do valor nutritivo de híbridos mais altos (Zago, 1992).

### **Produção de matéria verde (PMV)**

Pode-se observar que apenas a fração folha apresentou comportamento significativo ( $P < 0,01$ ), com tendência de queda na produção de matéria verde em função da idade de corte (Tabela 5).

A produção de matéria verde (PMV) da planta completa não apresentou comportamento significativo ( $P > 0,05$ ) com o avançar da idade, apesar dos valores numéricos terem variado de 61,71 a 54,14 t/ha nos primeiro e quarto corte respectivamente. Conforme Faria Júnior (2008) a produção de MV tem correlação alta e negativa ( $r = -0,93$ ) com o estágio de maturação, sendo que observou produção de 53,8 t/ha no estágio leitoso e 27,9 t/ha no estágio de grão farináceo. Também Machado (2009) encontrou reduções na PMV com o avançar da idade, detectando 68,71 e 40,40 t/ha nos estádios leitoso e farináceo, respectivamente. A queda na produção pode ser devido ao ataque de pássaros aos grãos, pragas nas laminais foliares, além de acentuada senescência das folhas que ocorrem com o avançar da maturação das plantas. A PMV está diretamente relacionada ao genótipo que está sendo avaliado, com maiores produções para os genótipos de porte alto, seguido dos médio e baixo, conforme citado por Santos et al. (2013) que encontraram PMV de 89,4 e 55,3 t/ha com os cultivares BRS 506 e

BRS 610 que são de portes alto e médio, respectivamente. Silva et al. (2011) avaliaram a produção de matéria verde (t/ha) de 25 genótipos de sorgo, incluindo o BRS 610, na cidade de Campina Grande – PB e obtiveram produção de 35,5 t.ha<sup>-1</sup>, inferior ao encontrado por Oliveira et al. (2005), de 63,1 t.ha<sup>-1</sup> com 100 kg de nitrogênio. Rodrigues Filho et al. (2006) encontraram valor semelhante, ambos avaliando o mesmo híbrido nos mesmos estádios de maturação dos grãos (leitoso/pastoso). Esta diferença de produção do mesmo híbrido deve-se provavelmente a pluviosidade média mais elevada nestes experimentos, além de melhor distribuição. Botelho et al. (2010) ao avaliarem o híbrido de sorgo BRS 610, com 30-35% de MS, encontraram 53,08 e 37,00 t.ha<sup>-1</sup> no primeiro corte e rebrote, respectivamente, correspondendo a um percentual de quase 70% do primeiro corte, sendo superior aos 60% descritos por Von Pinho et al. (2007). Vale assinalar que a produção de massa verde/ha é uma importante característica na avaliação da viabilidade econômica de uma forrageira destinada à produção de silagem. De acordo com Valente (1992), produções de massa verde inferiores a 40 t.ha<sup>-1</sup> são economicamente inviáveis.

Tabela 5. Produção de matéria verde (PMV) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R <sup>2</sup>	P	CV
	100	107	114	121				
	PMV (t/ha)							
Inteira	61,71	61,21	54,86	54,14	-	-	NS	10,7
Panícula	11,71	12,29	10,45	12,10	-	-	NS	15,4
Folha	9,76	8,58	7,75	6,77	Y = 23, 721 - 0, 140 X	0,88	<0,01	16,1
Colmo	40,24	40,34	36,66	35,28	-	-	NS	12,6

NS = Não significativo

A produção de matéria verde (PMV) da fração panícula não apresentou comportamento significativo (P>0,05) com o avançar da idade (Tabela 5), apresentando, porém resultados absolutos distintos, variando de 12,29 a 10,45 t/ha nos estágios pastoso e farináceo, respectivamente. Essas variações durante o período experimental podem ser devido ao ataque de pássaros, principalmente nos períodos finais da avaliação. Gontijo Neto et al. (2004) avaliaram as PMV de panícula de quatro híbridos de sorgo forrageiro colhidos no estádio de grãos farináceo e constataram valor médio 35,65 t/ha. Valor bastante superior ao encontrado

nesse experimento. Já Oliveira et al. (2005) avaliaram a PMV de panícula da planta do sorgo BRS-610, adubada com 100 kg nitrogênio.ha<sup>-1</sup>, colhidas com o grão no estágio pastoso, e encontraram valores menores (12,29 x 9,54 t.ha<sup>-1</sup>), que foi pouco superior ao valor encontrado por Faria Junior (2008) de 8,41 t/ha também no estágio pastoso. Esse mesmo autor relatou comportamento quadrático da PMV da fração panícula com valores superiores e semelhantes entre si nos cortes realizados com as plantas entre estágios de grãos leitoso/pastoso e pastoso, sendo verificada redução (P<0,05) nos cortes sucessivos até estágio de grão duro. Já Botelho et al. (2010) obtiveram 3,6 t/ha e 7,42 t/ha de massa verde de panícula, ao avaliarem o BRS 610 no rebrote e no primeiro corte. Os híbridos de sorgo apresentam ampla variação nas produtividades e composição das partes em função das condições que são conduzidos os ensaios, como fertilidade de solo, nível de adubação, condições climáticas e de ano, densidade de plantio, altura, estágio de maturação e sequência de corte.

A produção de matéria verde da fração folha foi a única que apresentou significância (P<0,01), sendo que o seu comportamento pode ser representado pela seguinte equação linear,  $PMV \text{ Folha} = 23,721 - 0,140 X$ ,  $R^2 = 0,88$ , em que X corresponde a idade que a planta foi cortada (Tabela 5). Observa-se que as PMV da fração folha caíram de 9,76 t.ha<sup>-1</sup>, no estágio leitoso, para 6,77 t.ha<sup>-1</sup> no estágio de grãos duro; comportamento esperado e justificável, devido a maiores perdas e ressecamento das folhas com o avançar da idade de maturação da planta, além de maiores índices de pragas que acometem as laminais foliares. Resultados semelhantes foram encontrados por Faria Júnior (2008), demonstrando que as PMV das folhas sofreram alterações com o estágio de maturação da planta, indicando reduções significativas (9,76 t.ha<sup>-1</sup> para 0,56 t.ha<sup>-1</sup>) à taxa de 0,19% ao dia com o avanço da idade da planta. Já Botelho et al. (2010) encontraram resultados superior e inferior ao desse experimento, ao avaliarem o mesmo genótipo (BRS 610) no primeiro corte e no rebrote e relataram resultados de 10,63 t.ha<sup>-1</sup> e 6,46 t.ha<sup>-1</sup> de massa verde de folha, respectivamente. Gontijo Neto et al. (2004) avaliaram as PMV de folha de quatro híbridos de sorgo forrageiro colhidos no estágio de grãos farináceo e constataram valor médio de 20,29 t.ha<sup>-1</sup>. Os valores encontrados por esses autores foram bastante superiores ao encontrado nesse experimento. Já Oliveira et al. (2005) avaliaram as PMV de folha da planta do sorgo BRS-610 adubado com 100 kg nitrogênio.ha<sup>-1</sup>, e colhidas com o grão no estágio pastoso. Esses autores encontraram PMV de folhas próximo (8,08 x 8,58 t.ha<sup>-1</sup>) as observadas neste experimento no estágio pastoso (corte com 107 dias).

A fração colmo também não apresentou comportamento significativo ( $P > 0,05$ ) na PMV com a maturação da planta, como pode ser observado na tabela 5. No entanto houve decréscimo em números absolutos de  $40,24 \text{ t.ha}^{-1}$  no primeiro corte para  $35,28 \text{ t.ha}^{-1}$  no quarto corte. Essa queda na PMV do colmo é plausível em virtude da maior desidratação que os vegetais sofrem com o avançar da maturidade. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram encontrados por Faria Júnior (2008), quando apontou valores de  $39,87 \text{ t.ha}^{-1}$  (Enchimento dos grãos) e  $13,16 \text{ t.ha}^{-1}$  (Grãos secos), com reduções à taxa de  $0,57\%$  ao dia com o avanço da maturidade. No entanto diferentemente do presente estudo, o autor encontrou significância ( $P < 0,05$ ) no comportamento dessa variável, demonstrando a seguinte equação de regressão:  $\text{PMV (t.ha}^{-1}) \text{ do colmo} = 94,367 - 0,5716 X$ ,  $R^2 = 0,93$ , sendo que X correspondeu a idade de corte. Já Botelho et al. (2010) obtiveram  $26,93 \text{ t/ha}$  e  $36,07 \text{ t/ha}$  de massa verde de colmo, ao avaliarem o BRS 610 no rebrote e no primeiro corte, respectivamente, quando as plantas estavam com 30-35% de matéria seca. A PMV do primeiro corte, foi semelhante as obtidas nos terceiro e quarto corte do atual estudo, estágios em que as plantas também estavam com mesmos valores de matéria seca, no entanto o rebrote teve produção abaixo do obtido no presente estudo ( $26,93 \text{ t.ha}^{-1} \times 35,28 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Gontijo Neto et al. (2004) avaliaram as PMV de colmo de cinco híbridos de sorgo forrageiro (AG-2002, AG-2005E, AGX-202, AGX-213 e AGX-215) colhidos no estágio de grãos farináceo e constataram valor médio de  $44,0 \text{ t.ha}^{-1}$ , sendo superior ao encontrado nesse experimento. Já Oliveira et al. (2005) avaliaram as PMV de colmo da planta do sorgo BRS-610 adubado com  $100 \text{ kg nitrogênio.ha}^{-1}$ , e colhidas com o grão no estágio pastoso. Esses autores encontram PMV de colmo superior ( $46,80 \times 40,34 \text{ t.ha}^{-1}$ ) ao observado neste experimento, também no estágio pastoso (corte com 107 dias após o plantio).

### **Produção de matéria seca (PMS)**

Pode-se observar que apenas as frações panícula e colmo apresentaram comportamento significativo ( $P < 0,05$ ) (Tabela 6) na produção de matéria seca (PMS) em função da idade de corte.

A PMS da planta inteira não apresentou comportamento significativo ( $P > 0,05$ ) com o avançar da maturação, apesar de ter havido acréscimo, em números absolutos, do primeiro para o quarto corte ( $15,80 \text{ t.ha}^{-1} \times 18,74 \text{ t.ha}^{-1}$ ), como pode ser observado na tabela 6. Resultados com comportamento semelhante ( $P > 0,05$ ) foram encontrados por Faria Junior (2008) em que

as produções de matéria seca (PMS) foram superiores e não diferiram entre si até estágio de grãos pastoso/farináceo. Contudo entre os estádios de grãos pastoso/farináceo ( $9,69 \text{ t.ha}^{-1}$ ) e farináceo ( $8,32 \text{ t.ha}^{-1}$ ) houve redução ( $P < 0,05$ ) na PMS, não diferindo nos cortes sucessivos. Os aumentos nos teores de matéria seca (MS) da planta encontrados por esse autor de 19,39% no primeiro corte para 45,86% no oitavo corte não foram suficientes para aumentar significativamente a PMS da planta com a maturidade. Machado (2009) também encontrou reduções nas médias das PMS de  $17,70 \text{ t.ha}^{-1}$  para  $12,25 \text{ t.ha}^{-1}$  com o avanço da maturidade da planta do híbrido BRS 610, no entanto os valores do presente estudo foram superiores quando se compara os estágios de corte. Santos et al. (2013) avaliaram as PMS do híbrido de sorgo BRS 610, cultivado em Petrolina – PE, quando os grãos estavam no estágio leitoso/farináceo e obtiveram  $17,7 \text{ t.ha}^{-1}$ , bastante próximo aos resultados obtidos nesse experimento nos estágios de grão farináceo e duro. Resultados inferiores foram encontrados por Rodrigues Filho et al. (2006) com o híbrido BRS 610 cultivado na cidade de Goiânia-GO em três doses de nitrogênio (50, 75 e  $100 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), quando os grãos atingiram o estágio pastoso, de  $14,22 \text{ t.ha}^{-1}$  de MS em média. Oliveira et al. (2005) também avaliaram as PMS total da planta do sorgo BRS-610 adubado com  $100 \text{ kg nitrogênio.ha}^{-1}$ , colhidas com o grão no estágio pastoso, e encontram PMS total inferior ( $13,15 \times 15,96 \text{ t.ha}^{-1}$ ) ao observado neste experimento. Fernandes et al. (2009) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 na cidade de Uberaba – MG em apenas um estágio de maturação dos grãos (pastoso/farináceo), encontraram produções médias de  $13,5 \text{ t.ha}^{-1}$  de MS, valores também inferiores ao obtido nesse estudo. As produções de MV e MS são bastante influenciadas pela época de plantio, fertilidade do solo, manejos culturais, condições climáticas, densidades de plantas por área e também pelo porte dos genótipos utilizados como descrito por Demarchi et al. (1995) que observaram produções de 11 a 13, de 13 a 16 e maiores que 16 toneladas por hectare ( $\text{t.ha}^{-1}$ ) de MS, para sorgos de porte baixo, médio e alto, respectivamente. Botelho et al. (2010) verificaram a PMS do híbrido de sorgo BRS 610 no primeiro corte e no rebrote. Encontraram produções de  $15,52$  e  $12,73 \text{ t.ha}^{-1}$  no primeiro corte e no rebrote, respectivamente, no momento do corte as plantas estavam com 30-35% de MS. Segundo os autores a produção de matéria seca seguiu a mesma tendência que a produção de matéria verde por hectare, com as maiores produções observadas para a cultura principal, em função da altura e proporção de folhas.

Tabela 6. Produção de matéria seca (PMS) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
PMS (t/ha)								
Inteira	15,80	15,96	16,70	18,74	-	-	NS	12,0
Panícula	4,69	6,45	6,19	7,59	$Y = -7,101 + 0,120 X$	0,83	<0,01	15,5
Folha	3,47	3,84	4,17	4,00	-	-	NS	13,4
Colmo	7,96	7,14	6,43	6,40	$Y = 15,490 - 0,077 X$	0,89	<0,05	14,9

NS = Não significativo

As produções médias de matéria seca da fração panícula apresentaram comportamento significativo ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte. Tiveram tendência de aumento linear que pode ser representado pela equação: PMS de panícula  $t \cdot ha^{-1} = -7,101 + 0,120 X$ ,  $R^2 = 0,83$ , sendo que X corresponde a idade em que a planta foi cortada. Em números absolutos as médias de PMS da panícula elevaram de 4,69  $t \cdot ha^{-1}$  no estágio de grão leitoso para 7,59  $t \cdot ha^{-1}$  no estágio de grão duro, detalhados na tabela 6. Essa tendência de aumento acontece devido a maior deposição de amido nos grãos com o avançar da maturação da planta. Já Faria Junior (2008) encontrou comportamento quadrático significativo ( $P < 0,05$ ) na PMS de panícula com o avançar da maturação, na avaliação até o estágio de grão seco. Segundo o autor as médias de PMS de panículas mostraram aumentos significativos ( $P < 0,05$ ) entre os estádios de enchimento dos grãos (4,94  $t \cdot ha^{-1}$ ) e pastoso (8,41  $t \cdot ha^{-1}$ ), com os maiores valores obtidos entre leitoso/pastoso (8,35  $t \cdot ha^{-1}$ ) e pastoso (8,41  $t \cdot ha^{-1}$ ), período com valores semelhantes entre si. Contudo, a partir daí, houve redução ( $P < 0,05$ ) nos valores de PMS nos cortes subsequentes, chegando a 2,35  $t \cdot ha^{-1}$  no estágio de grãos secos. Segundo Zago (1991) a redução da PMS da panícula pode ser resultado do ataque de pássaros e quebras de panículas com a colheita. No entanto Oliveira et al. (2005) avaliando as PMS de panícula do híbrido de sorgo BRS-610 adubado com 100 kg nitrogênio  $ha^{-1}$ , colhidos com o grão no estágio pastoso, encontram produções inferiores (5,40 x 6,45  $t \cdot ha^{-1}$ ) ao observado neste experimento.

As PMS da fração folha não apresentaram comportamento significativo ( $P > 0,05$ ) em função das idades de corte avaliadas. Em valores absolutos as médias de PMS oscilaram entre 4,17  $t \cdot ha^{-1}$  no terceiro corte e 3,47  $t \cdot ha^{-1}$  no primeiro corte, apresentados na tabela 6. Como o

período de avaliação foi relativamente curto, não houve tempo hábil para perder grande quantidade de folhas com a senescência. No entanto Faria Junior (2008) encontrou reduções de PMS de folha de 2,84 t.ha<sup>-1</sup> para 0,44 t.ha<sup>-1</sup> no período compreendido entre enchimento dos grãos e estágio de grãos secos, o que corresponde a uma redução de 85% na PMS das folhas com a maturidade da planta. Fato provavelmente relacionado à perda de folhas devido à queda espontânea de folhas mortas e/ou perda de massa seca com o avançar da maturidade da planta (Pedreira et al., 2003) em virtude de maior período experimental (oito estágios de maturação). Faria Junior (2008) observou ainda redução linear na PMS da fração folha com o avanço da idade da planta, as reduções ocorreram à taxa de 0,04% ao dia. Oliveira et al. (2005) avaliaram também as PMS de folha da planta do sorgo BRS-610 adubado com 100 kg nitrogênio.ha<sup>-1</sup>, colhidas com o grão no estágio pastoso e encontram PMS de folha inferiores, porém muito próximas, (2,09 x 2,17 t.ha<sup>-1</sup>) ao observado neste experimento, no estágio pastoso. Segundo Zago (1992) as frações folha e panícula são as de melhor valor nutritivo e digestibilidade total, de modo que a maior produção de matéria seca da fração colmo pode comprometer o valor nutricional da forragem como um todo. Sendo assim, a colheita do sorgo deve privilegiar os estágios de maturação que demonstrem maior PMS e PMSD por hectare.

Semelhante as médias da fração panícula, as médias de produção de matéria seca (PMS) da fração colmo apresentaram comportamento significativo ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte, no entanto apresentou redução linear podendo ser melhor visualizada na seguinte equação:  $PMS \text{ de colmo} = 15,490 - 0,077 X$ ,  $R^2 = 0,89$ , onde X representa a idade de corte das plantas. As médias de PMS caíram de 7,96 t.ha<sup>-1</sup> no primeiro corte (grãos leitosos) para 6,40 t.ha<sup>-1</sup> no quarto corte (grãos duros), (Tabela 6). Semelhante ao presente estudo Faria Junior (2008) também observou redução linear na PMS da fração colmo com o avanço da idade da planta, sendo que as reduções ocorreram à taxa de 0,07% ao dia. Ao avaliarem apenas um estágio de maturação, estágio pastoso, Oliveira et al. (2005) constataram produção de MS de colmo inferior ao desse experimento (7,14 X 6,48 t.ha<sup>-1</sup>) ao avaliarem também o híbrido de sorgo BRS-610 adubado com 100 kg nitrogênio.ha<sup>-1</sup>. Apesar de a fração colmo ter contribuído com 65% na composição da matéria verde produzida, contribuiu com apenas 40% na matéria seca total produzida, isso pode ser explicado pelo maior acúmulo de água que essa fração apresenta quando comparada as frações panícula e folha.

### **Produção de matéria seca digestível (PMSD)**

As frações panícula e colmo apresentaram comportamentos significativos ( $P < 0,01$ ), no entanto a fração panícula teve comportamento linear e o colmo teve redução linear, assim como ocorreu na PMS, pois essas variáveis estão interligadas, dependendo, é claro, da digestibilidade do material. A PMSD é um parâmetro na avaliação do potencial forrageiro de uma cultura e/ou genótipos, já que agrega e inter-relaciona produtividade e valor nutritivo (Faria Junior, 2008). No entanto, poucos são os pesquisadores que exploram este parâmetro.

As PMSD ( $t \cdot ha^{-1}$ ) da planta completa apresentaram comportamento não significativo ( $P > 0,05$ ), semelhante a PMS total (Tabela 7). As médias de PMSD oscilaram de  $9,66 t \cdot ha^{-1}$  no segundo corte a  $11,29 t \cdot ha^{-1}$  no quarto corte. Certamente houve essa variação em função do maior teor de amido depositado nos grãos com o avançar da maturação da planta. Resultados distintos foram encontrados por Faria Junior (2008) que obteve a PMSD superior e semelhante entre si nos cortes realizados entre os estágios de enchimento do grão e pastoso/farináceo e inferiores e semelhantes entre si entre os estágios de grãos farináceo e duro. Contudo a PMSD apresentou tendência de redução a taxa de  $0,04\%$  ao dia com o avanço da maturidade, o que representa reduções de  $0,3 t \cdot ha^{-1}$  a cada semana de intervalo entre cortes, indicada pela equação de regressão linear ( $PMSD \text{ da planta} = 10,474 - 0,0436 X$   $R^2 = 0,86$ , em que X corresponde a idade da planta). Machado (2009) também encontrou reduções na PMSD da planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 com o avançar da maturação ( $9,84 t \cdot ha^{-1}$  – Leitoso e  $6,65 t \cdot ha^{-1}$  – Farináceo), nesses dois últimos estudos pode ter havido maior perda de grãos por ataque de pássaros e quedas de panículas, fato que foi minimizado no presente estudo. Já Santos et al. (2013) avaliaram as PMSD do híbrido de sorgo BRS 610, cultivado em Petrolina – PE, quando os grãos estavam no estágio leitoso/farináceo e obtiveram  $9,7 t \cdot ha^{-1}$ , bastante próximo ao resultado obtido nesse experimento no estágio de grão farináceo, no entanto em valores absolutos, no presente estudo foi encontrado valores maiores de PMSD no estágio de grãos duro ( $11,29 t \cdot ha^{-1}$ ), fato que pode ser explicado pela maior contribuição da fração panícula, de maior digestibilidade, na matéria seca total produzida. Com o objetivo de avaliar a produtividade do BRS 610 no rebrote Botelho et al. (2010) verificaram a PMSD no rebrote e na planta do ano, no momento do corte as plantas estavam com 30 a 35% de matéria seca, e observaram produções de  $10,30 t \cdot ha^{-1}$  na cultura do ano e  $7,20 t \cdot ha^{-1}$  no rebrote, demonstrando que a cultura do sorgo tem alto potencial produtivo também no rebrote.

Tabela 7. Produção de matéria seca digestível (PMSD) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
PMSD (t/ha)								
Inteira	10,16	9,66	9,80	11,29	-	-	NS	11,8
Panícula	3,46	5,05	5,02	6,12	$Y = -7,613 + 0,113 X$	0,88	<0,01	16,2
Folha	2,10	2,17	2,26	1,99	-	-	NS	12,9
Colmo	5,07	4,27	3,53	3,50	$Y = 12,702 - 0,077 X$	0,83	<0,01	15,5

NS = Não significativo

Pode-se observar (Tabela 7) que as médias de PMSD apresentaram comportamento linear significativo ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte, podendo ser visualizado melhor pela equação de regressão: PMSD de panícula =  $-7,613 + 0,113 X$ ,  $R^2 = 0,88$ , onde X representa a idade de corte da planta. As médias de PMSD passaram de  $3,46 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  no primeiro corte, quando os grãos estavam leitosos, para  $6,12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  no quarto corte, quando os grãos já estavam duros. Esse comportamento já era esperado devido ao maior acúmulo de amido (alta digestibilidade) na fração panícula com o avançar da idade da planta. No entanto deve-se atentar que em estudos *in vitro* todo o material avaliado é moído a 1,0 mm, aumentando a superfície de contato para os microorganismos, além de romperem o pericarpo que é bastante duro, fato que não ocorre quando vai ser oferecido aos animais diariamente nas fazendas. A época de colheita inadequada das plantas, já com os grãos duros, favorece as perdas de valor nutritivo com o menor aproveitamento dos grãos, quando grande parte é perdida nas fezes. Faria Junior (2008) encontrou PMSD da panícula que variaram de 0,71 (enchimento de grão) a  $2,92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (grão pastoso), que mostraram comportamento quadrático em função da maturidade da planta (PMSD da panícula =  $-38,206 + 0,7039 X - 0,003 X^2$ ,  $R^2 = 0,93$ , em que X = idade de corte da planta). Assim, no primeiro momento o avanço da idade da planta proporcionou acréscimos nas PMSD da panícula, com os valores superiores obtidos entre estágio pastoso ( $2,92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e estágio farináceo ( $2,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e num segundo momento o avanço na idade de corte da planta resultou em reduções ( $P < 0,05$ ) nos cortes sucessivos, chegando a ( $1,34 \text{ t}\cdot\text{ha}$ ) no estágio de grão seco. Fato que pode estar associado a perdas de

grãos por ataque de pássaros ou quebra de panículas (Zago, 1991), pois a digestibilidade da fração não variou nesse período.

As médias de PMSD da fração folha não apresentaram significância ( $P > 0,05$ ) em função da idade de corte. Houve manutenção na produtividade de massa digestível com a maturação da planta, como pode ser observado na tabela 7, em números absolutos variando apenas de 1,99 t.ha<sup>-1</sup> (quarto corte – grãos duros) para 2,26 t.ha<sup>-1</sup> (terceiro corte – grãos farináceos). Já Faria Junior (2008) encontrou reduções de PMSD das folhas de 1,82 para 0,17 t.ha<sup>-1</sup> com o avanço da maturidade da planta. Contudo reduções significativas ocorreram até o estágio de grão pastoso, não diferindo nos cortes sucessivos. Os decréscimos ocorreram linearmente, à taxa de 0,03%, com a idade da planta (PMSD de folhas = 4,4044 - 0,0312 X  $R^2 = 0,90$ , em que X corresponde a idade da planta). As reduções nas PMSD da folha foram resultados da redução tanto na PMS quanto na digestibilidade das folhas com a maturidade, mostrando, ainda, elevada correlação ( $r = -0,88$ ,  $P < 0,001$ ) com o estágio de maturação. A menor digestibilidade das folhas está associada a processos de lignificação e formação de ligações entre a lignina e as hemiceluloses das folhas com o avançar da maturidade (Araújo, 2006).

As médias de PMSD da fração colmo (Tabela 7) apresentaram redução linear significativa ( $P < 0,01$ ) em função da maturidade da planta, podendo ser representado pela equação: PMSD de colmo = 12,702 - 0,077 X,  $R^2 = 0,83$ , onde X representa a idade de corte da planta. As médias variaram de 5,07 t.ha<sup>-1</sup>, no primeiro corte (grão leitoso), a 3,50 t.ha<sup>-1</sup>, no quarto corte (grão duro). Também Faria Junior (2008) encontrou redução de 3,31 t.ha<sup>-1</sup> (grão leitoso) para 1,95 t.ha<sup>-1</sup> (grão duro), ao avaliar a PMSD de colmo do híbrido BRS 610, valores menores que os do presente estudo. Esse mesmo autor relatou que as PMSD de colmo encontradas por ele podem ser agrupadas em três grupos; com a maior PMSD ocorrendo no estágio de enchimento dos grãos, valores intermediários e semelhantes entre si entre os estádios leitoso e pastoso/farináceo e os valores inferiores nos cortes sucessivos do estágio farináceo ao seco. A equação linear de regressão para PMSD de colmo apresentada por ele: (PMSD do colmo = 7,7582 - 0,0444 X  $R^2 = 0,94$ , em que X corresponde a idade da planta), indica decréscimos de 0,04% ao dia com o avanço da maturidade da planta. Semelhante a fração folha, a menor digestibilidade dos colmos está associada a processos de lignificação e formação de ligações entre a lignina e as hemiceluloses com a maturação da planta.

#### 4. CONCLUSÕES

As produtividades de matéria natural e seca foram satisfatórias em todas as idades avaliadas. Deve cortar o híbrido de sorgo BRS 610, para ser utilizado na alimentação de ruminantes, no estágio de grãos leitosos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, R.G.; RODRIGUES, J.A.S.; et al. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região Norte de Minas Gerais. *Ciência Agrotécnica, Lavras*, v. 35, n. 3, p. 494-501, 2011.

ANTUNES, R.C. Utilização de sorgo para gado de leite. In: V SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 2010, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG/EV-DZOO, p.125-150,2010.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.

ARAÚJO, V. L. *Características agronômicas e avaliação de silagens de 25 híbridos de sorgo*. 2006. 80p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

ARAÚJO, V.L. *Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem*. 2002. 47p. Dissertação de Mestrado. Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, MG.

BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. C. J. S. et al. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.9, n.3, p.287-297, 2010.

BRITO, A. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) I. Características agronômicas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.52, n.4, p.391-396, 2000.

CARVALHO, D.D.; ANDRADE, J.B.; BIONDI, P. et al. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. I - produção de matéria seca e da proteína bruta. *Bol.Indústr. Anim.*, Nova Odessa. v.49, n.2, p.91-99, 1992.

CNPMS – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. *Sorgo BRS 610 - Sorgo Forrageiro de porte alto para produção de silagem*. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/produtos/produtos/brs610.html>. Acesso em: 20 jun. 2013.

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

FARIA JÚNIOR, W. G. *Avaliação agronômica e nutricional do híbrido de sorgo BRS 610 (Sorghum bicolor (L.) Moench) em oito idades de corte*. 2008. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

FERNANDES, L. O.; PAES, J. M. V.; REIS, R. A. et al. Cultivares de milho e sorgo para produção de silagem – Safra 2003/2004. *FAZU em Revista*, Uberaba, n. 6, p. 83-86, 2009.

GONTIJO NETO, M.M.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. et al. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Características agronômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1975-1984, 2004 (Supl.2)

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Animal Science*, v.68, n.11, p.3832-3842, 1999.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados climáticos da região de Sete Lagoas – MG, 2011. Disponível em: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em 15 de maio de 2013.

MACHADO, F. S. *Avaliação agronômica e nutricional de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) e de suas silagens em três estádios de maturação*. 2009. 107p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. et al. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.52, n.4, p.385-390, 2000.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. et al. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.302-312, 2002.

OLIVEIRA, R. P.; FRANÇA, A. F. S.; RODRIGUES FILHO, O. et al. Características agrônômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35 (1): 45-53, 2005.

PEDREIRA, M. S.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T. et al. Características Agrônômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.5, p.1083-1092, 2003.

PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; GOMIDE, J.A. 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*, v.22, n.01, p.31-38, 1993.

RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A.F.S.; OLIVEIRA, R.P. et al. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, vol.7, n.1, 2006.

RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G.; SHAFFERT, R. E. et al. *BRS-610 – Híbrido de sorgo forrageiro para produção de silagem de alta qualidade*. (Comunicado técnico 102, EMBRAPA MILHO E SORGO), 2004.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A. et al. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v.35, n.1, p.13-19, 2013.

SILVA, F. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. 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 e panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.1, p.14-20, 1999.

SILVA, T. C.; SANTOS, E. M.; AZEVEDO, J. A. G. et al. Agronomic divergence of sorghum hybrids for silage yield in the semiarid region of Paraíba. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.9, p.1886-1893, 2011.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*, v.18, n. 1, p. 104-11, 1963.

VALENTE, J. O. *Manejo cultural do sorgo para forragens*. Sete Lagoas: EMBRAPA – CNPMS, 1992. p. 5-7 (Circular Técnica, 17).

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. *Bragantia*, v.66, n.2, p.235-245, 2007.

ZAGO, C.P. Cultura do sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, FEALQ. Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1991. p.169-217.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. Circular Técnica, Embrapa/CNPMS, n.17, p.9-26, 1992.

**CAPÍTULO IV - VALOR NUTRITIVO DA PLANTA INTEIRA,  
PANÍCULA, FOLHA E COLMO DO HÍBRIDO DE SORGO BRS-610  
COLHIDO EM QUATRO ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

**RESUMO:**

Objetivou-se com esse estudo avaliar o valor nutricional da planta inteira e das frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com quatro idades de corte e quatro parcelas por idade de corte, determinou-se as equações de regressão para as variáveis analisadas em função da idade de corte a 5% de probabilidade. Os teores de matéria seca (MS) na planta inteira apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ) com avanço da maturação, sendo %MS da planta inteira =  $-20,739 + 0,452 X$ ,  $R^2 = 92,53$ , sendo X a idade de corte da planta. As frações panícula e folha também apresentaram comportamento linear significativo ( $P < 0,01$ ) nos teores de MS com o avançar da maturação, já a fração colmo manteve os teores de MS durante o período avaliado. Os teores de proteína bruta (PB) na planta inteira e no colmo apresentaram comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte, sendo % PB na planta completa =  $67,419 - 1,085 X + 0,004 X^2$ ,  $R^2 = 99,99$  e % PB no colmo =  $106,933 - 1,860 X + 0,008 X^2$ ,  $R^2 = 87,95$ . Os teores de PB na fração panícula apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ), sendo % PB na panícula =  $15,922 - 0,056 X$ ,  $R^2 = 74,52$ , sendo X a idade de corte da planta. Os teores de PB na fração folha apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) com a maturidade, sendo % PB na folha =  $33,153 - 0,207 X$ ,  $R^2 = 71,61$ . Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) na planta inteira mantiveram-se constantes com o avançar da maturação da planta, com média de 52,43%. Os teores de FDN na panícula apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte da planta, sendo % FDN na panícula =  $101,345 - 0,702 X$ ,  $R^2 = 85,91$ . Os teores de FDN nas frações folha e colmo apresentaram comportamento linear ( $P < 0,05$ ) em função da maturidade, sendo % FDN na folha =  $44,618 + 0,209 X$ ,  $R^2 = 67,78$  e % FDN no colmo =  $8,747 + 0,525 X$ ,  $R^2 = 80,94$ , sendo X a idade de corte da planta. Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) na planta inteira se mantiveram constantes durante o período de avaliação, com média de 28,86%. Na panícula, os teores de FDA apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) com o avanço da maturação, sendo % FDA na panícula =  $43,366 - 0,302 X$ ,  $R^2 = 92,69$ . Nas frações folha e colmo os teores de FDA apresentaram

comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte da planta, sendo % FDA na folha =  $-9,426 + 0,379 X$ ,  $R^2 = 88,87$  e % FDA no colmo =  $2,121 + 0,328 X$ ,  $R^2 = 83,68$ . Os teores de lignina na planta inteira, folha e colmo apresentaram comportamento linear ( $P < 0,05$ ) com o avançar da idade da planta, sendo % lignina na planta inteira =  $-0,287 + 0,018 X$ ,  $R^2 = 81,5$ , % lignina na folha =  $-4,801 + 0,057 X$ ,  $R^2 = 83,01$  e % lignina no colmo =  $-2,685 + 0,041 X$ ,  $R^2 = 83,01$ . Já os teores de lignina na fração panícula apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) com a maturação da planta, sendo % lignina na panícula =  $2,118 - 0,013 X$ ,  $R^2 = 88,01$ . Os teores de hemiceluloses na planta inteira, panícula e folha apresentaram reduções lineares ( $P < 0,05$ ) com a maturação da planta, sendo % hemiceluloses na planta inteira =  $34,700 - 0,100 X$ ,  $R^2 = 68,4$ , % hemiceluloses na panícula =  $57,978 - 0,399 X$ ,  $R^2 = 80,04$  e % hemiceluloses na folha =  $54,044 - 0,170 X$ ,  $R^2 = 96,9$ . Já na fração colmo os teores de hemiceluloses apresentaram comportamento linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte da planta, sendo % hemiceluloses no colmo =  $6,626 + 0,196 X$ ,  $R^2 = 76,03$ . Os teores de celulose na planta inteira e na panícula apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte da planta, sendo % celulose planta inteira =  $41,254 - 0,127 X$ ,  $R^2 = 63,5$  e % celulose na panícula =  $41,280 - 0,289 X$ ,  $R^2 = 84,53$ . Já os teores de celulose das frações folha e colmo apresentaram reduções lineares ( $P < 0,01$ ) com avançar da maturação da planta, sendo % celulose na folha =  $-4,624 + 0,321 X$ ,  $R^2 = 84,26$  e % celulose no colmo =  $4,806 + 0,286 X$ ,  $R^2 = 83,76$ . Os teores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da planta inteira, folha e colmo apresentaram reduções lineares ( $P < 0,05$ ) com o avançar da idade da planta, sendo % DIVMS da planta inteira =  $84,827 - 0,215 X$ ,  $R^2 = 61,11$ , % DIVMS da folha =  $109,285 - 0,489 X$ ,  $R^2 = 98,24$  e % DIVMS do colmo =  $108,868 - 0,460 X$ ,  $R^2 = 91,91$ . Já os teores de DIVMS da fração panícula apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte da planta, sendo % DIVMS da panícula =  $40,968 + 0,338 X$ ,  $R^2 = 84,96$ , sendo X a idade de corte da planta.

**Palavras-chave:** digestibilidade *in vitro* da matéria seca, silagem, safrinha

**CHAPTER IV - NUTRITIONAL VALUE OF WHOLE PLANTS,  
PANICLES, LEAVES AND CULMS THE HYBRID SORGHUM BRS-610  
COLLECTED IN FOUR STAGES**

**ABSTRACT:**

The objective of this study was to evaluate the nutritional value of whole plant and panicle, leaf and stem fractions of BRS 610 sorghum hybrid at four stages of grain maturity (milky, soft dough, hard dough and hard grain). The experimental design was completely randomized, with four harvest ages and four plots per age. Regression equations were determined for all variable analyzed as a function of the harvest age, at 5% probability. The dry matter (DM) in the whole plant showed a significant ( $P < 0.01$ ) linear behavior with advancing maturity, being the whole plant DM % =  $-20.739 + 0.452 X$ ,  $R^2 = 92.53$ , with X being the harvest age. Panicle and leaf fractions also showed a significant linear ( $P < 0.01$ ) behavior in DM with advancing maturity. Stem fraction DM remained constant in during the period studied. Crude protein (CP) in the whole plant and stem showed a significant quadratic response ( $P < 0.05$ ) as a function of the harvest age, being whole plant % CP =  $67.419 + 1.085 X + 0.004 X^2$ ,  $R^2 = 99$ , 99 and the stem CP % =  $106.933 + 1.860 X + 0.008 X^2$ ,  $R^2 = 87.95$ . The CP in the panicle fraction showed a significant ( $P < 0.01$ ) linear behavior being panicle % CP =  $15.922 - 0.056 X$ ,  $R^2 = 74.52$ , with X being the harvest age of the plant. CP concentration in the leaf fraction showed a linear decrease ( $P < 0.05$ ) with maturity, being leaf PB % =  $33.153 - 0.207 X$ ,  $R^2 = 71.61$ . The whole plant contents of neutral detergent fiber (NDF) in remained constant with the advancing plant maturity, averaging 52.43 %. Panicle NDF showed a linear decrease ( $P < 0.01$ ) as a function of the harvest age of the plant, being panicle NDF % =  $101.345 - 0.702 X$ ,  $R^2 = 85.91$ . Leaf and stem fractions NDF showed linear behavior ( $P < 0.05$ ) as a function of plant maturity, being leaf NDF% =  $44.618 + 0.209 X$ ,  $R^2 = 67.78$  and the stem NDF% =  $8.747 + 0.525 X$ ,  $R^2 = 80.94$ , with X being the harvest age. The levels of acid detergent fiber (ADF) in the whole plant remained constant during the evaluation, with an average of 28.86 %. In panicles, ADF levels of showed a linear decrease ( $P < 0.01$ ) with the advancing maturity, being panicle FDA % =  $43.366 - 0.302 X$ ,  $R^2 = 92.69$ . Leaf and stem fractions ADF levels showed a linear behavior ( $P < 0.01$ ) as a function of the harvest age, being leaf FDA % =  $-9.426 + 0.379 X$ ,  $R^2 = 88.87$  % and stem FDA % =  $2.121 X + 0.328$ ,  $R^2 = 83,68$ . Lignin contents in whole plant, leaf and stem fraction showed a linear behavior

( $P < 0.05$ ) as a function of the advancing age of the plant, being whole plant lignin % =  $-0.287 + 0.018 X$ ,  $R^2 = 81.5$ , leaf lignin % =  $-4.801 + 0.057 X$ ,  $R^2 = 83.01$  % and lignin in the stem =  $-2.685 + 0.041 X$ ,  $R^2 = 83.01$ . On the other hand, panicle fraction concentration of lignin showed a linear decrease ( $P < 0.01$ ) with the maturity of the plant, being panicle lignin % =  $2.118 - 0.013 X$ ,  $R^2 = 88.01$ . The content of hemicelluloses in whole plant, panicle and leaf fractions showed linear decreases ( $P < 0.05$ ) with plant maturity, being whole plant hemicelluloses % =  $34.700 - 0.100 X$ ,  $R^2 = 68.4$ , panicle hemicelluloses % =  $57.978 - 0.399 X$ ,  $R^2 = 80.04$  % and leaf hemicelluloses % =  $54.044 - 0.170 X$ ,  $R^2 = 96.9$ . On the stem, hemicelluloses contents presented a linear behavior ( $P < 0.05$ ) as a function of the harvest age, being stem hemicelluloses % =  $6.626 + 0.196 X$ ,  $R^2 = 76.03$ . Whole plant cellulose content and panicle cellulose content showed a linear decrease ( $P < 0.05$ ) as a function of harvest age, being whole plant cellulose % =  $41.254 - 0.127 X$ ,  $R^2 = 63.5$  % and cellulose in the panicle % =  $41.280 - 0.289 X$ ,  $R^2 = 84.53$ . Stem and leaf fractions showed linear decreases ( $P < 0.01$ ) in cellulose content with the advancing maturity of the plant, being leaf cellulose % =  $-4.624 + 0.321 X$ ,  $R^2 = 84.26$  % and stem cellulose =  $4.806 + 0.286 X$ ,  $R^2 = 83.76$ . The values of in vitro dry matter digestibility of (IVDMD) of whole plant, leaf and stem fractions showed a linear decrease ( $P < 0.05$ ) with the advancing age of the plant, being the whole plant IVDMD % =  $84.827 - 0.215 X$ ,  $R^2 = 61.11$ , leaf IVDMD % =  $109.285 - 0.489 X$ ,  $R^2 = 98.24$  % and stem IVDMD =  $108.868 - 0.460 X$ ,  $R^2 = 91.91$ . Panicle IVDMD values showed a linear behavior ( $P < 0.01$ ) as a function of the harvest age, and panicle % IVDMD =  $40.968 + 0.338 X$ ,  $R^2 = 84.96$ , where X is the harvest age of the plant.

**Keywords:** in vitro dry matter digestibility nutritional value, forage, sorghum

## 1. INTRODUÇÃO

A sazonalidade da produção de forragem é uma das causas dos baixos índices de produtividade da pecuária nacional. No Brasil central, o período crítico para a produção de forragens estende-se de maio a outubro, quando ocorre redução no crescimento das plantas forrageiras.

Para diminuir o impacto da baixa produção e qualidade das forragens torna-se necessário o planejamento de estratégias de manejo de pastagem e suplementação, confinamento ou semi-confinamento. Desta maneira pode-se melhorar o desempenho de bovinos durante o período da seca, proporcionando uma diminuição na idade ao abate para bovinos de corte e melhores médias de produção de leite.

O sorgo se destaca como alternativa para uso na forma de grãos, forragem verde ou silagem. Dentre as vantagens, destacam-se o alto rendimento de matéria seca em relação a outras gramíneas, a maior resistência à períodos de seca e a menor exigência quanto a fertilidade do solo, além da possível utilização da rebrota das plantas.

O conhecimento das variações do valor nutritivo das forragens é requisito básico para a correção de deficiências específicas, pois possibilita maximizar a utilização dos nutrientes disponíveis como proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e nutrientes digestíveis totais (NDT). O valor nutritivo de forragens de sorgo está diretamente relacionado à proporção de grãos na massa total.

Objetivou-se com este estudo foi avaliar o valor nutricional da planta completa e das frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 colhido em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras desse experimento foram obtidas conforme descrito no capítulo anterior. Nas amostras de plantas inteiras, colmos, folhas e panículas do híbrido de sorgo BRS-610 colhido aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio foram determinados os teores de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM) (AOAC, 1995). proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl

(AOAC, 1995). As frações fibrosas foram determinadas pelo método seqüencial de Van Soest et al. (1991), com adição de 2 mL de  $\alpha$ -amilase termoresistente no aparelho Fiber analyser ANKOM<sup>220</sup> (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA), utilizando-se saquinho de tecido não tecido (TNT) conforme Berchielli et al., 2001. Os valores de celulose foram obtidos pela diferença entre as frações de fibra em detergente ácido (FDA) e lignina e cinzas insolúveis. Os valores de hemiceluloses foram obtidos pela diferença entre fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

Determinou-se a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) segundo procedimento descrito por Tilley e Terry (1963) e adaptado por Holden (1999) para utilização do simulador de rúmen Daisy<sup>II</sup> (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA). O simulador de rúmen Daisy<sup>II</sup> é composto por quatro frascos de incubação, em constante rotação, que permanecem dentro de uma estufa a 39°C. As amostras de 0,5 gramas são pesadas e acondicionadas em saquinhos F57 da ANKON® selados em seladora. O líquido ruminal utilizado para obter a DIVMS foi adquirido de um bovino macho, adulto, castrado, de raça européia com fístula no rúmen, que estava sendo alimentado há 21 dias com silagem de milho *ad libitum* adicionado de 2 kg de ração concentrada comercial com 18% de proteína bruta. O líquido foi coletado via fístula após o período de quatro horas da última alimentação, via compressão do material fibroso com as mãos e acondicionamento em garrafa térmica previamente aquecida (39°C) com água destilada, a porção superior foi completada com material fibroso para minimizar a permanência de oxigênio. As garrafas térmicas foram imediatamente encaminhadas ao laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, onde o líquido foi filtrado, mantido sob fluxo constante de CO<sub>2</sub> e em banho maria (39°C) até ser inserido aos frascos de incubação do simulador de rúmen Daisy<sup>II</sup> juntamente a solução tampão previamente preparada e aquecida (39°C). Após 48 horas de incubação foram adicionados o ácido clorídrico 6 N e a pepsina para simulação da digestão química por 24 horas. Após esse período os saquinhos foram lavados, secos em estufa a 105°C por 12 horas e pesados. A DIVMS foi obtida pela diferença no peso antes e depois da incubação.

### Procedimento estatístico

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro idades de corte e quatro parcelas por idade de corte, conforme o seguinte quadro de análise de variância e modelo estatístico:

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	15
Idade de corte	3
Erro	12

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

em que,

$Y_{ij}$  = observação da variável resposta no estágio de maturação “i”

$\mu$  = média geral

$T_i$  = efeito do estágio de maturação da planta;  $i = C1, C2, C3$  e  $C4$

$\epsilon_{ij}$  = erro aleatório no estágio de maturação “i”;  $\epsilon_{ij} = N(0, 1)$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e determinou-se as correlações de Pearson para as variáveis analisadas. Determinou-se as equações de regressão para as variáveis analisadas em função das idades de corte ao nível de 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Teores de matéria seca (MS)

Pode-se observar aumentos sucessivos nos teores de MS com a sequência de cortes, com 25,57, 26,18, 30,40 e 34,71% de MS na planta inteira (Tabela 8), que apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte, podendo ser melhor visualizado pela seguinte equação de regressão  $\% MS = Y = -20,739 + 0,452 X$ ,  $R^2 = 0,92$ , sendo que X é referente a idade de corte da planta. Comportamento semelhante foi encontrado por Faria Júnior (2008) que ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estágios de maturação dos

grãos, encontrou teores de MS da planta inteira que variaram de 19,39% a 45,86% entre o primeiro estágio (E1-Enchimento grãos) e o último estágio avaliado (E8-Grão seco). Os valores de MS da planta foram semelhantes ( $P>0,05$ ) até o estágio pastoso/farináceo. Porém nos cortes sucessivos observou-se acréscimos à taxa de 0,92% ao dia nos teores de MS da planta, com o avançar da idade da planta no período entre estágio pastoso/farináceo (E5) e grãos duros (E8) ( $\%MS$  da planta =  $0,9224x - 84,218$ ,  $R^2 = 0,89$ , em que  $X$  = idade de corte, entre E5 e E8). Os cortes das plantas entre E5 e E8 apresentaram teores de MS (25,26 a 32,60% de MS), resultados médios abaixo do encontrado no presente estudo. No sorgo, a porcentagem de MS varia com a idade de corte, com a natureza do colmo e com a proporção dos vários constituintes da planta (Folha, colmo e panícula) (Silva, 1997). Machado et al. (2014) avaliaram o BRS 610 em três estágios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) encontraram teor médio de 28,23% de MS na planta completa, sendo que nos estágios pastoso e farináceo não foi detectado diferença ( $P>0,05$ ), obtiveram ainda correlação significativa ( $P<0,05$ ) entre os teores de MS da planta e as porcentagens de panícula ( $r = 0,74$ ) e de colmo ( $r = -0,79$ ). Os autores detectaram também alta correlação entre o teor de MS da planta e o das folhas ( $r = 0,82$ ), indicando a grande influência da desidratação das folhas, com o avanço da idade de corte, sobre o teor de MS da planta. Fernandes et al. (2009) também avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 na cidade de Uberaba – MG, encontraram teores médios de 33,5% de MS, quando avaliado no estágio de grãos pastoso/farináceo. Os resultados encontrados no presente trabalho se encaixam no intervalo de (25-35% MS) recomendados na literatura (Van Soest, 1994; Borges et al., 1997; Pesce et al., 2000) para garantir uma boa conservação da silagem. Rodrigues Filho et al. (2006) encontraram teores de 23,04, 24,70 e 20,84% de MS na planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 adubado com 50, 75 e 100  $kg \cdot ha^{-1}$  de nitrogênio, todos os tratamentos foram cortados no estágio de grãos pastosos. A grande diversidade de resultados para o mesmo híbrido demonstra que existem muitas interferências como as variações de ano, condições climáticas, área, manejo cultural e época de plantio sobre os teores de MS das plantas de sorgo.

Tabela 8. Teores de matéria seca (MS) em porcentagem da matéria natural e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
	Matéria seca (MS)							
Inteira	25,57	26,18	30,40	34,71	$Y = -20,739 + 0,452 X$	0,92	<0,01	7,95
Panícula	40,08	52,66	59,20	62,73	$Y = -63,912 + 1,064 X$	0,93	<0,01	4,12
Folha	35,57	44,78	53,90	59,44	$Y = -78,980 + 1,153 X$	0,99	<0,01	8,46
Colmo	19,73	17,63	17,66	18,13	-	-	NS	8,36

NS = Não significativo

Pode-se observar na tabela 8 aumentos sucessivos para os cortes, com 40,08, 52,66, 59,20 e 62,73% de MS da fração panícula, que apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte, representado pela equação de regressão  $\% MS = Y = -63,912 + 1,064 X$ ,  $R^2 = 0,93$ , sendo que X é referente a idade de corte da planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Faria Júnior (2008) que ao avaliar os teores de MS da panícula, em oito estádios de maturação dos grãos, encontrou acréscimos de 1,27% ao dia à medida que aumentou a idade de corte da planta. Contudo os aumentos significativos concentraram entre os estádios de grão pastoso (47,81%) e farináceo (73,70%), de modo que os teores de MS da panícula tenderam a estabilizar a partir do estádio de grãos farináceo, não diferindo nos cortes sucessivos. Vários trabalhos ressaltam a importância da panícula na elevação dos teores de MS da planta (Zago, 1992; Nogueira, 1995; Corrêa, 1996; Araújo, 2002). Machado et al. (2014) encontraram teores de 39,11, 54,34 e 60,25% de MS na fração panícula do híbrido de sorgo BRS 610, nos estádios leitoso, pastoso e farináceo respectivamente, sendo significativo ( $P < 0,05$ ) os aumentos em função da idade de corte.

Pode-se observar na tabela 8 aumentos sucessivos de MS nas folhas com o avançar da idade de corte, com 35,57, 44,78, 53,90 e 59,44%. A fração folha apresentou comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte, podendo ser melhor visualizado pela equação de regressão  $\% MS = Y = -78,980 + 1,153 X$ ,  $R^2 = 0,99$ , sendo que X é referente a idade de corte da planta. Os resultados obtidos por Faria Júnior (2008) avaliando o BRS 610 em oito estádios de maturação seguiram a mesma tendência, com valores de MS das folhas

semelhantes até o terceiro estágio (leitoso/pastoso) e os aumentos significativos ocorreram entre os estádios leitoso/pastoso e estágio de grão duro, com tendência de estabilização no oitavo estágio. O autor encontrou teores de MS que variaram de 29,33% a 79,12% do primeiro ao oitavo estágio, com acréscimos à taxa de 1,23% ao dia. Machado et al. (2014) ao avaliarem o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo) encontraram aumentos significativos ( $P < 0,05$ ) nos teores de MS das folhas entre os cortes sucessivos, sendo 27,50, 34,26 e 56,38%, para os três estádios respectivamente e afirmaram que a desidratação foi mais intensa do segundo para o terceiro corte. Com o avançar da idade de corte as folhas envelhecem, desidratam, morrem e caem. No presente estudo não foi realizada separação das folhas mortas das folhas verdes, portanto pode ter ocorrido elevação rápida dos teores de MS na fração folha em decorrência da presença de folha morta, de teores de MS superior.

Diferentemente da planta completa e das frações panícula e folha, a fração colmo não teve alteração na MS com o avançar da idade de corte (Tabela 8), mantendo uma média de 18,28%. No entanto Faria Júnior (2008) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos, encontrou teores de MS do colmo semelhantes e inferiores até estágio pastoso/farináceo (quinto corte), porém nos cortes sucessivos houve aumentos significativos ( $P < 0,05$ ) no teor de MS do colmo de 14,97% para 20,44%, mostrando acréscimos de 0,26% ao dia no período entre quinto corte (pastoso/farináceo) e o oitavo corte (grãos secos). Das frações da planta o colmo é a que menos contribui para elevação do teor de MS da planta e ainda, exerce resistência à elevação da MS da planta, proporcionada pela panícula e em menor grau pelas folhas. Isso ocorre devido ao menor teor de MS e pela maior participação do colmo na planta em todos os estádios de maturação. Machado et al. (2014) não encontraram diferença ( $P > 0,05$ ) nos teores de MS (média de 19,72%) do colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo), resultado muito semelhante com o obtido no presente estudo.

### **Teores de proteína bruta (PB)**

Pode-se observar na tabela 9 os teores de PB na planta inteira com o avançar da idade de corte, com médias de 7,01, 6,39, 6,25 e 6,56%. Esses valores apresentaram comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) com o avançar da idade de corte da planta, e podem ser observados na equação de regressão %PB na planta inteira =  $67,419 - 1,085 X + 0,004 X^2$ ,  $R^2 = 0,99$ , onde X

refere-se à idade de corte da planta. Com o avançar da maturação ocorre perdas de folhas secas e alongamento do colmo, no qual há intensa deposição de fibra e diluição da proteína bruta. Já Faria Júnior (2008) avaliou o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação obteve decréscimos lineares de 0,05% de PB na planta inteira para cada dia de avanço na idade, reduzindo de 8,25% no primeiro corte (Enchimento dos grãos) para 5,69% no oitavo corte (Grãos secos), o que representa um decréscimo de 31% no teor de PB com o avanço do estágio de maturação da planta. No entanto Machado et al. (2014) não encontraram diferença nos teores de PB na planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo) quando obtiveram média nas três idades de 5,73%. Rodrigues Filho et al. (2006) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 cultivado com três doses de adubação nitrogenada (50, 75 e 100 kg.ha<sup>-1</sup>), no estágio de grãos pastosos, não obtiveram diferença ( $P>0,05$ ) nos teores de PB com aumento da adubação (média de 6,97%). Fernandes et al. (2009) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 na cidade de Uberaba – MG em apenas um estágio de maturação dos grãos (pastoso/farináceo) encontraram teores médios de 9,0% de PB na planta inteira, valores bastante acima aos encontrados nesse experimento. Há na literatura grande variação de comportamento do híbrido de sorgo BRS 610 referente ao acúmulo de proteína bruta na sua constituição, mostrando interferências dos tratos culturais, épocas de cultivo, estresse hídrico, idade de corte, acometimento por pragas, dentre outros fatores. Baseado nos resultados obtidos no presente estudo seria necessário haver suplementação protéica aos animais que estivessem recebendo a forragem provinda dos cortes realizados nos estádios de maturação mais avançados, com teores protéicos abaixo dos 7%, pois conforme Church (1988), a dieta dos ruminantes deve conter pelo menos 7% de proteína bruta para fornecer nitrogênio suficiente para o desenvolvimento normal das bactérias ruminais.

Tabela 9. Teores de proteína bruta (PB) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 aos 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Idade ao Corte (dias)									
Fração	100	107	114	121	Equação de Regressão	$R^2$	P	CV	
Proteína bruta (PB)									
Inteira	7,01	6,39	6,25	6,56	$Y = 67,419 - 1,085 X + 0,004 X^2$	0,99	<0,05	4,82	
Panícula	10,54	9,45	9,53	9,19	$Y = 15,922 - 0,056 X$	0,75	<0,01	5,39	
Folha	13,46	9,90	8,54	9,07	$Y = 33,153 - 0,207 X$	0,72	<0,01	10,21	
Colmo	3,64	2,27	2,52	2,77	$Y = 106,933 - 1,860 X + 0,008 X^2$	0,88	<0,01	15,9	

Os teores de PB na fração panícula do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro), apresentaram médias de 10,54, 9,45, 9,53 e 9,19% de PB nos respectivos estádios de maturação (Tabela 9). Esses valores apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) a medida que a planta ficou mais velha, podendo ser observado na equação de regressão % PB na fração panícula =  $15,922 - 0,056 X$ ,  $R^2 = 0,75$ , onde X refere-se a idade de corte da planta. Comportamento distinto deste foi encontrado por Faria Junior (2008) que ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos, obteve resultados crescentes de PB com a maturidade da planta, variando de 8,78% a 10,95%, porém isso ocorreu tardiamente quando os grãos já se encontravam no estádio pastoso (quarto estádio de avaliação). Já Machado et al. (2014) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) não encontraram diferença ( $P > 0,05$ ) nos teores de PB na fração panícula em função da idade, quando obteve valor médio de 8,46%.

Os teores de PB na fração folha do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro), apresentaram médias de 13,46, 9,90, 8,54 e 9,07% de PB nos respectivos estádios de maturação (Tabela 9). Esses valores apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte da planta, como pode ser observado na equação de regressão % PB na fração folha =  $33,153 - 0,207 X$ ,  $R^2 = 0,72$ , sendo que X refere-se a idade de corte da planta. Resultados semelhantes foram obtidos por Faria Junior (2008) com reduções lineares ( $P < 0,05$ ) nos teores de PB da folha com o avanço da idade da planta, indicando decréscimos de 0,05% a cada dia de avanço na idade da planta,

os valores variaram de 14,6% no primeiro corte para 8,8% no oitavo corte. Também Machado et al. (2014) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) nos teores de PB na fração folha com o avançar da idade de corte, obtiveram 9,73, 7,15 e 5,73% nos três estádios respectivamente. Perante esses resultados pode-se afirmar que quanto mais velha for a planta do sorgo menores serão os teores de proteína bruta das folhas. As folhas começam a senescer primeiro que os colmos, e translocam os nutrientes para as sementes, perdendo valor nutritivo rapidamente, com aumento nas frações fibrosas.

Os teores de PB da fração colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro), apresentaram médias de 3,64, 2,27, 2,52 e 2,77% de PB nos respectivos estádios de maturação (Tabela 9), e apresentaram comportamento quadrático ( $P < 0,01$ ) com o avançar do estádio de maturação da planta. Isto pode ser observado na equação de regressão % PB na fração colmo =  $106,933 - 1,860 X + 0,008 X^2$ ,  $R^2 = 0,88$ , onde X refere-se a idade de corte da planta. Seguindo a mesma tendência Faria Júnior (2008) encontrou quedas nos teores de PB no colmo com a maturidade, os valores encontrados variaram de 2,88% a 4,87%, sendo os valores superiores para a planta mais jovem. O colmo foi a fração com menor teor de PB, o que pode justificar em parte a menor variação nos conteúdos desse parâmetro com a maturidade da planta. Para confirmar o comportamento dos teores de PB depositados na fração colmo com o avançar da idade, Machado et al. (2014) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) nos teores de PB na fração colmo com aumento da idade de corte, obtendo 2,18, 1,70 e 1,59% nos três estádios respectivamente, contudo essa diferença detectada foi apenas do primeiro corte para os outros cortes. Afirmaram ainda que há alta correlação ( $P < 0,05$ ) entre teor de PB no colmo e teor de MS da panícula com o avançar da idade de maturação ( $r = -0,81$ ).

### **Frações Fibrosas**

A importância da determinação das frações fibrosas das plantas forrageiras é decorrente da relação destes componentes com a regulação do consumo, digestibilidade, taxa de passagem e atividade de mastigação na alimentação de ruminantes. Se a dieta for muito rica em fibra sua densidade energética tende a ser baixa, seu consumo pode ser limitado pelo enchimento ruminal e o desempenho animal pode ser comprometido. Em contrapartida, se as dietas

apresentarem um baixo conteúdo de fibra, pode-se aumentar a incidência de distúrbios alimentares como a acidose, que pode levar a um comprometimento do desempenho e da saúde do animal (Mertens, 1997).

### **Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN)**

Os teores de FDN são indicativos da quantidade total de fibra no volumoso, estando diretamente relacionado com o consumo dos animais (Rosa et al., 2004; Ruiz et al., 1990; Van Soest, 1994).

Pode-se observar que não houve variação ( $P>0,05$ ) nos teores de FDN da planta inteira com o avançar da maturação da planta, com teor médio de 52,43% durante o período de avaliação (Tabela 10). O equilíbrio dos teores de FDN na planta inteira com o avanço do estágio de maturação pode estar relacionado ao aumento nos teores de panícula e redução dos teores de colmo. Faria Junior (2008) ao avaliar os teores de FDN na planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos, encontrou comportamento quadrático. Os teores FDN variaram de 59,49% a 68,24%, sendo superiores até estágio leitoso/pastoso e inferiores entre estádios pastoso e grãos duro, não diferindo dentro desses intervalos, a média de 64,27% de FDN obtida por esse pesquisador foi bastante superior a obtida no presente estudo. Já Rodrigues Filho et al. (2006) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 cultivado com três doses de adubação nitrogenada (50, 75 e 100 kg.ha<sup>-1</sup>), no estágio de grãos pastosos, não obtiveram diferença ( $P>0,05$ ) nos teores de FDN com aumento da adubação, com média de 50,28%. Fernandes et al. (2009) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 na cidade de Uberaba – MG, encontraram teores médios de 57,8% de FDN na planta inteira, quando avaliado no estágio de grãos pastoso/farináceo. O valor médio encontrado por Machado et al. (2014) de 56,35% de FDN também foi superior ao encontrado no presente estudo, no entanto também não encontraram variação da FDN ( $P>0,05$ ) com a maturidade da planta ao avaliar três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo).

Tabela 10. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
Fibra em detergente neutro (FDN)								
Inteira	53,64	53,67	53,67	48,75	-	-	NS	6,09
Panícula	33,50	23,28	19,84	18,25	$Y = 101,345 - 0,702 X$	0,86	<0,01	12,73
Folha	64,88	67,06	70,24	68,70	$Y = 44,618 + 0,209 X$	0,68	<0,01	2,1
Colmo	59,35	66,63	70,85	70,20	$Y = 8,747 + 0,525 X$	0,81	<0,05	7,66

NS = Não significativo

Os teores de FDN na panícula apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte, % FDN na panícula =  $101,345 - 0,702 X$ ,  $R^2 = 0,86$ , onde X é a idade de corte da planta. Houve maior deposição de amido nos grãos com o amadurecimento da planta, provocando efeito diluidor nos teores de FDN, esse acúmulo de amido ocorreu com mais intensidade do primeiro para o segundo corte, com aumento de quase 10% em sete dias. Machado et al. (2014) ao avaliarem também o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo), obtiveram médias de 41,25, 29,26 e 22,01% de FDN na fração panícula nos respectivos estádios de maturação. Detectaram diferença ( $P < 0,05$ ) do estádio leitoso para os outros dois, sendo estes semelhantes. Já Faria Junior (2008) encontrou comportamento quadrático nos teores de FDN na panícula em função da idade de corte em oito estádios de maturação dos grãos, no mesmo híbrido. Os valores oscilaram de 74,81% (Enchimento dos grãos) a 28,27% (Pastoso/farináceo), do quinto estádio de maturação (Pastoso/farináceo) até o oitavo estádio (Grãos secos – 35,26%) houve aumento nos teores de FDN na panícula. Segundo o autor pode ter havido perdas de sementes por ataque de pássaros ou perdas na colheita nas fases mais avançadas da maturação, concentrando mais a FDN.

Os teores médios de FDN na fração folha apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte, % FDN na folha =  $44,618 + 0,209 X$ ,  $R^2 = 0,68$ , onde X é a idade de corte da planta (Tabela 10). Faria Junior (2008) também avaliando o híbrido de sorgo BRS 610, em oito estádios de maturação dos grãos, obteve acréscimos lineares de FDN nas folhas

de 0,19% a cada dia de avanço na idade da planta. Os aumentos foram mais acentuados do estágio de enchimento dos grãos (63,14%) até o estágio pastoso/farináceo (72,09%), com tendência de estabilizar até o estágio de grãos secos (73,23%). Machado et al. (2014) ao avaliarem o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo), obtiveram médias de 65,40, 70,66 e 74,51% de FDN na fração folha nos respectivos estádios de maturação. Também detectaram diferença ( $P < 0,05$ ) do estágio leitoso para os outros dois, sendo os estádios pastoso e farináceo semelhantes. Pode-se observar, pelos resultados, que há indícios de maior translocação de nutrientes das folhas para as sementes entre os estádios de enchimento até grãos farináceos.

Os teores de FDN do colmo apresentaram comportamento linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte, % FDN no colmo =  $8,747 + 0,525 X$ ,  $R^2 = 0,81$ , onde X é a idade de corte da planta. Com o avanço do estágio de maturação ocorre conversão dos carboidratos solúveis do colmo em amido, depositado nos grãos. A redução do conteúdo de carboidratos solúveis no colmo é acompanhada por um aumento nos teores de FDN. Machado et al. (2014) ao avaliarem o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo), obtiveram médias de 59,33, 68,82 e 74,75% de FDN na fração colmo nos respectivos estádios de maturação. Já Faria Junior (2008) também avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação, encontrou comportamento quadrático dos teores de FDN na fração colmo com o avançar da idade de corte, os valores variaram de 67,39% (Enchimento dos grãos) a 84,38% (Grão duro).

### **Teores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA)**

Os teores de FDA representam a composição da forrageira em celulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente ácido, cinzas insolúveis em ácido e sílica e está mais relacionado ao potencial de digestibilidade de um determinado volumoso (Rosa et al., 2004; Ruiz et al., 1990; Van Soest, 1994). As frações de FDA são negativamente correlacionadas com a digestibilidade e, conseqüentemente, com o valor energético das forragens (Minson, 1990).

Observa-se na tabela 11 que os teores de FDA na planta completa mantiveram-se constantes com a maturidade, com médias de 29,37, 29,62, 29,64 e 26,81% nas idades crescentes de avaliação. O mesmo comportamento foi encontrado por Machado et al. (2014) ao avaliarem o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo), no

entanto encontraram média (33,04% de FDA) acima dos valores encontrados no presente estudo. Segundo os autores, as frações colmo, folha e panícula interagiram de maneira a manter constantes os valores dos constituintes da parede celular da planta, ou seja, o aumento no teor de amido nos grãos compensou o aumento das frações fibrosas na parte vegetativa das plantas, fazendo com que essas apresentassem valores constantes de FDA com o avanço da maturidade, assim como ocorreu com os teores de FDN da planta inteira. Já Faria Junior (2008) encontrou comportamento quadrático nos teores de FDA do híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos, em função da idade de corte, apresentando valores inferiores entre os estádios pastoso (35,53%) e farináceo (34,26%). O teor médio encontrado por esse autor foi superior ao obtido nesse estudo (36,54 X 28,86%). Teores mais altos que o do presente estudo foram também encontrados por Fernandes et al. (2009) ao avaliarem o híbrido de sorgo BRS 610 no estágio pastoso/farináceo (38,2 X 28,86%). Rodrigues Filho et al. (2006) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 cultivado com três doses de adubação nitrogenada (50, 75 e 100 kg.ha<sup>-1</sup>), no estágio de grãos pastosos, obtiveram valores de 47,00, 46,67 e 30,77% de FDA com as respectivas adubações e encontraram diferença (P<0,05) em função das doses de nitrogênio aplicadas, ou seja, com aumento de adubação nitrogenada os teores de FDA baixaram consideravelmente. O aumento na proporção de panícula na planta com o avanço da maturidade foi determinante na manutenção dos teores de FDA na planta inteira, pois os teores de FDA da panícula são baixos, equilibrando os teores mais elevados da folha e do colmo com a maturidade da planta.

Tabela 11. Teores de fibra em detergente ácido (FDA) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R <sup>2</sup>	P	CV
	100	107	114	121				
Fibra em detergente ácido (FDA)								
Inteira	29,37	29,62	29,64	26,81	-	-	NS	6,14
Panícula	13,82	10,08	8,49	7,29	Y = 43,366 - 0,302 X	0,93	<0,01	11,84
Folha	27,73	31,61	35,35	35,34	Y = -9,426 + 0,379 X	0,89	<0,01	3,91
Colmo	33,86	38,35	40,77	40,72	Y = 2,121 + 0,328 X	0,84	<0,01	8,13

NS = Não significativo

Os teores de FDA da fração panícula do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) (Tabela 11), apresentaram médias de 13,82, 10,08, 8,49 e 7,29% na ordem crescente de idade. Esses teores de FDA na fração panícula apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte, % de FDA na panícula =  $43,366 - 0,302 X$ ,  $R^2 = 0,93$ , sendo X a idade de corte da planta. Já Faria Junior (2008) ao avaliar os teores de FDA na panícula do híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação encontrou comportamento quadrático, com valores variando de 35,90 (Enchimento dos grãos) a 10,96% (Grãos farináceos), sendo superiores aos do presente estudo. Machado et al. (2014) encontraram diferenças nos teores de FDA na fração panícula do híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo), sendo os valores 21,20, 11,29 e 8,55%, respectivamente. A redução nos teores de FDA da panícula conseguiu superar os aumentos ocorridos no colmo e na folha. O aumento na proporção de panícula na planta com o avanço da maturidade foi determinante nesse efeito, pois os teores de FDA dessa fração passaram a ter maior influência na planta, que manteve os teores de FDA constantes durante o período avaliado.

Os teores de FDA na fração folha do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) apresentaram as médias de 27,73, 31,61, 35,35 e 35,34% na sequência das idades de corte (Tabela 11). Essas médias apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função do estádio de maturação, % FDA da folha =  $-9,426 + 0,379 X$ ,  $R^2 = 0,89$ , sendo X a idade de corte da planta. Comportamento distinto deste foi encontrado por Faria Júnior (2008) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos (Enchimentos dos grãos até grãos secos) ao relatar comportamento quadrático dos teores de FDA na fração folha que variaram de 39,65% (Grãos secos) a 31,75% (Enchimento do grão), com média de 36,72%. Já Machado et al. (2014) ao avaliarem o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo) encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) nos teores de FDA entre os dois primeiros cortes e o último, com valores de 36,37, 38,50 e 41,98% de FDA na fração folha nos respectivos estádios de maturação da planta. Com a mesma tendência da FDN, a fração FDA nas folhas tende a aumentar com a maturidade da planta devido a senescência que se acentua, favorecendo a translocação de carboidratos solúveis para serem depositados nas sementes na forma de amido.

Os teores de FDA da fração colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) (Tabela 11), apresentaram os valores médios de 33,86, 38,35, 40,77 e 40,72%, respectivamente, e comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função do estádio de maturação dos grãos, % de FDA do colmo =  $2,121 + 0,328 X$ ,  $R^2 = 0,84$ , sendo X a idade de corte da planta. Já Faria Junior (2008) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos (Enchimentos dos grãos até grãos secos) encontrou comportamento quadrático com os teores de FDA na fração colmo que variaram de 39,95% (Enchimento dos grãos) a 53,10% (Estádio farináceo), com média de 49,12% superior a encontrada nesse estudo (38,42%). Machado et al. (2014) obtiveram média de 43,73% de FDA na fração colmo do híbrido de sorgo BRS 610 ao avaliar três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo), encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) do estádio leitoso (37,53%) para os estádios pastoso (44,52%) e farináceo (49,12%) que foram semelhantes.

### **Teores de hemiceluloses**

Os teores médios de hemiceluloses obtidos para a planta inteira do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) (Tabela 12) foram de 24,27, 24,06, 24,03 e 21,93%, respectivamente, e apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte, % de hemiceluloses na planta completa =  $34,700 - 0,100 X$ ,  $R^2 = 0,68$ , sendo X a idade de corte da forrageira. Comportamento semelhante foi obtido por Faria Júnior (2008) ao avaliar os teores de hemiceluloses no híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos (Enchimento até grãos secos). Os valores variaram de 30,82% (Enchimento dos grãos) a 25,23% (Estádio farináceo), no entanto o teor médio foi superior ao obtido nesse estudo (27,85 X 23,57%). Já Machado (2009) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo) não encontrou variação nos teores de hemiceluloses na planta completa com o avançar da idade da planta, obtendo média de 23,31%, sendo bastante próxima ao encontrado nesse estudo. Fernandes et al. (2009) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 no estádio de grãos pastoso/farináceo, encontraram teores médios de 19,7% de hemiceluloses na planta inteira, sendo inferior ao obtido nesse ensaio. Como o percentual de panícula aumentou com a maturidade da planta, os teores de hemiceluloses na planta inteira diluíram, favorecendo redução linear com o avançar do estádio de maturação.

Tabela 12. Teores de hemiceluloses em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
	Hemiceluloses (%)							
Inteira	24,27	24,06	24,03	21,93	$Y = 34,700 - 0,100 X$	0,68	<0,05	5,88
Panícula	19,68	13,20	11,35	10,96	$Y = 57,978 - 0,399 X$	0,80	<0,01	12,23
Folha	37,14	35,45	34,89	33,35	$Y = 54,044 - 0,170 X$	0,97	<0,01	2,97
Colmo	25,49	28,28	30,08	29,48	$Y = 6,626 + 0,196 X$	0,76	<0,05	7,97

Pode-se observar na tabela 12, onde se encontram os teores médios de hemiceluloses das frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro), que todas as frações apresentaram comportamento linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte, com as frações panícula e folha apresentando redução e a fração colmo acréscimo, ou seja, nessa última houve aumento gradativo dos teores de hemiceluloses e nas frações panícula e folha houve queda constante com o avançar da maturação da planta. Faria Junior (2008) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos, encontrou comportamentos distintos nos teores médios de hemiceluloses nas frações da planta em função da idade de corte. Encontrou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) para as frações panícula e colmo, já para a folha os teores de hemiceluloses se mantiveram constantes com a maturação da planta. Os teores médios encontrados por este autor foram de 23,10% (Panícula), 32,22% (Folha) e 30,04% (Colmo). Já Machado (2009) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação não encontrou diferença nos teores de hemiceluloses nas frações colmo e folha com o avançar da idade de corte da planta, com médias de 31,23% na folha e 23,91% no colmo, já na fração panícula encontrou diferença ( $P < 0,05$ ) nos teores de hemiceluloses com a maturidade da planta, os teor médio no estádio leitoso (20,04%) foi superior aos outros dois 15,00% (Pastoso) e 13,46% (Farináceo).

## Teores de celulose

Os teores médios de celulose da planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) apresentaram valores de 27,92, 27,90, 27,79 e 24,97%, respectivamente (Tabela 13), e apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) em função do estágio de maturação da planta, % de celulose na planta completa =  $41,254 - 0,127 X$ ,  $R^2 = 0,64$ , sendo  $X$  a idade de corte da planta. Faria Junior (2008) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos (Enchimento até grãos secos) não encontrou variação nos teores de celulose na planta completa com o avançar da idade, sendo o valor médio superior ao obtido no presente estudo (30,84% X 27,14%). Já Machado (2009) também não encontrou variação nos teores de celulose na planta completa quando avaliou o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) e obteve valor médio próximo ao obtido nesse experimento (27,87% X 27,14%).

Tabela 13. Teores de celulose em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância ( $P$ ) e coeficiente de variação ( $CV$ ) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
	Celulose							
Inteira	27,92	27,90	27,79	24,97	$Y = 41,254 - 0,127 X$	0,64	<0,05	5,27
Panícula	13,38	9,01	7,70	7,06	$Y = 41,280 - 0,289 X$	0,85	<0,01	12,35
Folha	26,70	30,31	33,58	33,11	$Y = -4,624 + 0,321 X$	0,84	<0,01	4,05
Colmo	32,49	36,43	38,50	38,49	$Y = 4,806 + 0,286 X$	0,84	<0,01	7,93

Pode-se observar na tabela 13 que os teores de celulose nas frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro), apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte da planta. A fração panícula apresentou redução e as frações folha e colmo acréscimo, ou seja, essas duas frações tiveram os teores de celulose aumentados com o avançar da idade da planta e a panícula teve os valores diminuídos. O teor de celulose da planta completa diminuiu com o avanço do estágio de maturação, esse comportamento foi resultante do efeito diluidor da

panícula sobre as frações folha e colmo, pois a redução nos teores de celulose na fração de panícula com o avanço da maturidade da planta compensou o aumento desse componente nas frações de folha e colmo no mesmo período. Faria Junior (2008) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos, encontrou comportamentos distintos nos teores médios de celulose nas frações da planta em função da idade de corte. Obteve comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) para as frações panícula e colmo, já na folha os teores de celulose se mantiveram constantes com a maturação da planta. Os teores médios encontrados por este autor foram de 13,96% (Panícula), 29,54% (Folha) e 42,68% (Colmo). No entanto Machado (2009) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) não encontrou diferença nos teores de celulose na fração folha com o avançar da idade de corte da planta, com média de 32,29%, já nas frações panícula e colmo encontrou diferença ( $P < 0,05$ ) nos teores de celulose com a maturidade da planta. Os teores de celulose no colmo nos estádios pastoso (38,52%) e farináceo (40,76%) foram semelhantes, no entanto foram superiores ao teor médio de celulose no estágio leitoso (32,39%). Na fração panícula o teor de celulose no estágio leitoso (14,27%) foi superior aos teores nos estádios pastoso (8,53%) e farináceo (6,05%).

### **Teores de lignina**

O processo de lignificação é reconhecido como o principal fator que leva à redução da degradabilidade da parede celular vegetal (Van Soest, 1994),

A digestão de polissacarídeos da parede celular é limitada pela presença de compostos fenólicos na matriz da parede. Estes compostos fenólicos são compostos principalmente por lignina e ácidos fenólicos, ligados à lignina ou diretamente à parede celular. A lignina é o maior componente não polissacarídeo presente na parede celular, e é considerada como totalmente indigestível por ruminantes. A principal função da lignina na planta é como componente estrutural dando rigidez e resistência à parede celular (Cutter, 1986; Van Soest, 1994).

Os teores de lignina na planta inteira apresentaram comportamento linear ( $P < 0,05$ ) (Tabela 14) em função da idade de corte, % lignina na planta completa =  $-0,287 + 0,018 X$ ,  $R^2 = 0,82$ , sendo X a idade de corte da planta. Faria Junior (2008) não encontrou alterações nos teores de lignina na planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos

grãos (Enchimento dos grãos até grão seco), obteve teor médio de 4,97%, valor maior que os obtidos nesse estudo. Também Machado (2009) encontrou variação nos teores de lignina na planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) e obteve média superior a encontrada no presente estudo (5,17% X 1,71%).

Tabela 14. Teores de lignina em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
	Lignina (%)							
Inteira	1,46	1,72	1,85	1,84	$Y = -0,287 + 0,018 X$	0,82	<0,05	14,85
Panícula	0,61	0,94	0,57	0,42	$Y = 2,118 - 0,013 X$	0,88	<0,01	16,79
Folha	1,04	1,29	1,77	2,23	$Y = -4,801 + 0,057 X$	0,83	<0,05	15,91
Colmo	1,37	1,92	2,26	2,23	$Y = -2,685 + 0,041 X$	0,83	<0,05	26,47

Pode-se observar na tabela 14 que os teores médios de lignina nas frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) apresentaram comportamentos lineares ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte da planta. Na fração panícula, como esperado, houve queda nos teores de lignina com a maturidade da planta, em decorrência a diluição provocada pela deposição de amido nas sementes. Já as frações folha e colmo apresentaram aumentos nos teores de lignina com o avanço da idade da forrageira. Faria Junior (2008) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos (Enchimento dos grão até grãos secos) encontrou comportamento semelhante dos teores de lignina nas frações folha e colmo, ambas apresentaram comportamento linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte, no entanto com médias superiores as encontradas nesse estudo (6,41% X 1,94% na fração colmo) e (6,70% X 1,58% na fração folha). Machado (2009) ao avaliar também o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo) não encontrou variações nos teores de lignina na fração folha com o avançar da idade de corte, obtendo média superior a encontrada no presente estudo (6,66% X 1,58%). Na fração colmo encontrou aumento nos teores de lignina na planta de idade mais velha, sendo superior as demais idades que foram semelhantes

(5,14% - Leitoso / 6,00% - Pastoso / 8,36% - Farináceo). Na fração panícula encontrou reduções nos teores de lignina com o avançar da idade, sendo a planta mais velha superior ( $P < 0,05$ ) as demais idades, que foram semelhantes entre si ( $P > 0,05$ ) com valores de (6,93% - Leitoso / 2,75% - Pastoso / 2,50% - Farináceo).

### Teores de matéria mineral (MM)

Na tabela 15 encontram-se os teores médios de matéria mineral (MM) na planta completa e nas frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro). Pode-se observar que somente as frações panícula e colmo apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ), com a panícula tendo os teores de matéria mineral diminuídos com o avanço da maturação (2,46, 2,10, 2,01 e 1,98%) para os cortes na sequência. Já a fração colmo teve os teores de matéria mineral aumentados com o avançar da idade (3,76, 4,56, 5,14 e 5,57%) nos respectivos estádios de maturação da planta. A planta inteira e a fração folha mantiveram constantes os teores de MM durante o período avaliado, com médias de 4,33 e 5,69%. Fernandes et al. (2009) encontraram teores médios de 5,3% de MM na planta inteira, ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 no estádio de grãos pastoso/farináceo.

Tabela 15. Teores de matéria mineral (MM) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
	Matéria mineral (MM)							
Inteira	4,35	4,49	4,51	4,00	-	-	NS	9,46
Panícula	2,46	2,10	2,01	1,98	$Y = 4,559 - 0,021 X$	0,80	<0,01	6,99
Folha	5,70	6,13	5,44	5,49	-	-	NS	5,37
Colmo	3,76	4,56	5,14	5,57	$Y = -4,725 + 0,085 X$	0,98	<0,01	12,53

NS = Não significativo

### Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS)

A DIVMS da planta inteira do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) (Tabela 16), apresentaram médias de 64,54, 60,61, 58,72 e 60,14% de DIVMS nos respectivos estádios de maturação. Esses valores apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) com o avançar da idade de corte da planta, podendo ser observado na equação de regressão % DIVMS da planta inteira =  $84,827 - 0,215 X$ ,  $R^2 = 0,61$ , onde X refere-se a idade de corte da planta. Nem mesmo o aumento da participação dos grãos, que têm maior digestibilidade, na planta inteira com a maturidade compensou as alterações na composição e teores da parede celular. Já Faria Júnior (2008) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação não encontrou diferença na DIVMS com o avançar da idade da planta e encontrou média inferior a obtida nesse estudo (59,11% X 61,00%). Segundo Corrêa (1996), o efeito do estádio de maturação sobre a digestibilidade do sorgo apresenta comportamentos distintos entre híbridos existentes no mercado. Machado et al. (2014) também não encontraram diferença nos percentuais de DIVMS na planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo) quando obtiveram média nas três idades de 55,22%, inferior a encontrada no presente ensaio.

Tabela 16. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
	DIVMS							
Inteira	64,54	60,61	58,72	60,14	$Y = 84,827 - 0,215 X$	0,61	<0,05	3,74
Panícula	73,82	78,11	80,92	80,79	$Y = 40,968 + 0,338 X$	0,85	<0,01	2,64
Folha	60,51	56,34	54,28	49,79	$Y = 109,285 - 0,489 X$	0,98	<0,01	3,52
Colmo	63,50	59,52	54,74	54,36	$Y = 108,868 - 0,460 X$	0,92	<0,01	6,99

A DIVMS da fração panícula do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) (Tabela 16), apresentaram médias de 73,82, 78,11, 80,92 e 80,79%, nos respectivos estádios de maturação. Esses valores de DIVMS apresentaram comportamento linear ( $P < 0,01$ ) a medida que a planta ficou mais velha,

podendo ser observado na equação de regressão % DIVMS da fração panícula =  $40,968 + 0,338 X$ ,  $R^2 = 0,85$ , sendo X referente a idade de corte da planta. Comportamento diferente foi encontrado por Faria Junior (2008) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação dos grãos. Onde a panícula teve aumentos significativos ( $P < 0,05$ ) nos valores de DIVMS até o estádio leitoso/pastoso (75,14%), a partir daí, os valores foram superiores e semelhantes entre si até o estádio de grãos secos, com média de 68,59%. Já Machado et al. (2014) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) nos percentuais de DIVMS da fração panícula, sendo os estádios pastoso (67,73%) e farináceo (69,50%) semelhantes entre si e superiores ao estádio de grãos leitosos (58,88%). Esses autores encontraram ainda correlação negativa significativa ( $P < 0,05$ ) entre a porcentagem de panícula e a DIVMS da planta completa. Isso pode ser explicado, de forma geral, pela senescência da planta à medida que a participação da panícula aumenta proporcionalmente.

Os teores de DIVMS da fração folha do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro), apresentaram médias de 60,51, 56,34, 54,28 e 49,79%, nos respectivos estádios de maturação (Tabela 16). Esses valores apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) em função da idade de corte da planta, podendo ser observado na equação de regressão % DIVMS da fração folha =  $109,285 - 0,489 X$ ,  $R^2 = 0,98$ , sendo X referente a idade de corte da planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Faria Junior (2008) ao avaliar o híbrido de sorgo BRS 610 em oito estádios de maturação, em que as folhas apresentaram reduções nos valores de DIVMS de 64,15% (Enchimento dos grãos) para 37,87% (Grãos secos), mostrando decréscimos lineares na ordem de 0,55% a cada dia de avanço na maturidade da planta. Já Machado et al. (2014) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) também encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) nos valores de DIVMS da fração folha com aumento da idade de corte, obtendo 56,80, 50,10 e 50,39% nos três estádios respectivamente. Perante esses resultados pode-se afirmar que quanto mais velha for a planta do sorgo menor será a digestibilidade da matéria seca. Com a maturidade há intensificação da senescência, com translocação de nutrientes para as sementes, e perda de valor nutritivo das demais frações da planta.

Na tabela 16 encontram-se os valores de DIVMS da fração colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro), com

médias de 63,50, 59,52, 54,74 e 54,36%, nos respectivos estádios de maturação. Esses percentuais apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) com o avançar do estágio de maturação da planta, podendo ser observado na equação de regressão % DIVMS da fração colmo =  $108,868 - 0,460 X$ ,  $R^2 = 0,92$ , sendo X referente a idade de corte da planta. No presente estudo pode-se perceber na tabela 14 que os teores de lignina aumentaram com o avançar da maturação da planta, que é um composto indigestível, favorecendo assim menor digestibilidade do material à medida que fica mais velho. Resultado semelhante foi encontrado por Faria Júnior (2008) quando encontrou valores maiores de DIVMS do colmo no estágio de enchimento dos grãos (64,99%) que abaixaram até o estágio leitoso/pastoso (54,01%), contudo no estágio de grão pastoso houve aumento nos valores de DIVMS para 60,24% com tendência de manutenção desse valor nos cortes sucessivos. Esse autor afirmou que a redução na DIVMS justifica-se pela transmutação de carboidratos solúveis do colmo para a panícula para a formação de amido, já o aumento da DIVMS a partir do estágio pastoso pode estar associada ao restabelecimento dos teores de carboidratos solúveis no colmo depois de completada a maturação fisiológica dos grãos. Seguindo a mesma tendência Machado et al. (2014) avaliando o híbrido de sorgo BRS 610 em três estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso e farináceo) encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) nos valores de DIVMS da fração colmo com aumento da idade de corte, obtendo 55,00, 51,30 e 46,29% nos três estádios respectivamente.

#### **4. CONCLUSÕES**

As médias de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e teores de proteína bruta indicam que a melhor época de corte do híbrido de sorgo BRS 610 é no momento de grãos leitosos.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.

ARAÚJO, V.L. *Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem*. 2002. 47p. Dissertação de Mestrado. Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, MG.

BERCHIELLI, T. T.; SADER, A. P. O.; TONANI, F. L. et al. Avaliação da determinação da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido pelo sistema ANKOM. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(5):1572-1578, 2001.

BORGES, A.L.C.C. ; GONÇALVES, L.C. ; RODRIGUEZ,N.M. et al. Silagem de sorgo de porte alto com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I – Teores de matéria seca, pH e ácidos graxos durante a fermentação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.49, n.6, p.719-732, 1997.

CHURCH, D. C. *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice Hall, 1988. 564p.

CORRÊA, C. E. S. *Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação*. 1996, 121p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, MG.

CUTTER, E. G. *Anatomia vegetal – Parte I – Células e Tecidos*. 2ª Ed., São Paulo: Livraria Roca LTDA, 1986, 304p.

FARIA JÚNIOR, W. G. *Avaliação agronômica e nutricional do híbrido de sorgo BRS 610 (Sorghum bicolor (L.) Moench) em oito idades de corte*. 2008. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

FERNANDES, L. O.; PAES, J. M. V.; REIS, R. A. et al. Cultivares de milho e sorgo para produção de silagem – Safra 2003/2004. *FAZU em Revista*, Uberaba, n. 6, p. 83-86, 2009.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Animal Science*, v. 68, n.11, p.3832-3842, 1999.

MACHADO, F. S. *Avaliação agronômica e nutricional de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) e de suas silagens em três estádios de maturação*. 2009. 107p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

MACHADO, F. S.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C. et al. Valor nutricional de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.66, n.1, p.244-252, 2014.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997.

MINSON, D. J. *Forage in ruminant nutrition*. *Agronomy Journal*, v. 82, n. 7, p. 687-690, 1990.

NOGUEIRA, F.A.S. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem teores de taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação em condições de laboratório*. 1995, 34p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, MG.

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

RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A.F.S.; OLIVEIRA, R.P. et al. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, vol.7, n.1, 2006.

ROSA, J.R.P.; RESTLE, J.; SILVA, J.H.S. et al. Avaliação da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.) por meio do desempenho de bezerros confinados em fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.33, n.4, p.1016-1028, 2004.

RUIZ, T.; BERNAL, E.; STAPLES, C. R. Effects of dietary NDF concentration on productive responses by lactating dairy cows fed four forages sources. *Journal Dairy Science*, Suppl., v.75, p.209, 1990.

SILVA, F.F. *Qualidade de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo/folha/panícula*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). 94p. 1997. Belo Horizonte, MG. Escola de Veterinária da UFMG,

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*, v.18, n. 1, p. 104-11, 1963.

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

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

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. Circular Técnica, Embrapa/CNPMS, n.17, p.9-26, 1992.

## **CAPÍTULO V - CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO E DEGRADAÇÃO *IN VITRO* DAS PLANTA INTEIRAS, PANÍCULAS, FOLHAS E COLMOS DO HÍBRIDO DE SORGO BRS-610 COLHIDO EM QUATRO ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

### **RESUMO:**

Objetivou-se com esse estudo avaliar a cinética de fermentação ruminal *in vitro* bem como a degradação da planta inteira e das frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação quatro repetições por idade de corte, quatro idades de corte (parcelas) e tempos de incubação (subparcelas). Para comparação das médias utilizou-se o teste SNK a 5% de probabilidade. Para análise dos dados de desaparecimento *in vitro* da matéria seca (DEIVMS) utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso com quatro idades de corte e quatro repetições por idade de corte, e determinou as equações de regressão em função da idade de corte a 5% de probabilidade. A planta inteira obtida no estágio leitoso foi a que produziu maior quantidade de gases ( $P < 0,05$ ), conseqüentemente sendo a mais degradada ( $P < 0,05$ ). A fração panícula não apresentou diferença na produção de gases em função da idade de corte, no entanto as frações folha e colmo produziram maior ( $P < 0,05$ ) quantidade de gases quando cortados em estágio de grãos leitosos. Todas as frações tiveram os desaparecimentos *in vitro* da matéria seca (DEIVMS) diminuídas com a maturidade da planta.

**Palavras-chave:** degradabilidade efetiva, produção de gases, potencial de produção de gases

**CHAPTER V - KINETIC FERMENTATION AND DEGRADATION *IN VITRO* OF WHOLE PLANTS, PANICLES, LEAVES AND CULMS THE HYBRID SORGHUM BRS-610 COLLECTED IN FOUR STAGES**

**ABSTRACT:**

The objective of this study was to evaluate the *in vitro* ruminal fermentation kinetics as well as the degradation of the whole plant, panicle, and leaf and stem fractions of BRS 610 sorghum hybrid at four stages of grain maturity (milky, soft dough, hard dough and hard grain). The experimental design was completely randomized on a split-plot scheme, with variation sources four replications of harvest age, four harvest ages (plots) and incubation times (subplots). To compare the means the SNK test at 5% probability was used. For *in vitro* dry matter disappearance (IVDMD) data analysis an experimental design, completely randomized, with four harvest ages and four replications per harvest age was used. Regression equations were determined based on the harvest age at 5% probability. The whole plant harvest with a milk stage grain, produced the larger quantity of gas ( $P < 0.05$ ), therefore being the most degraded ( $P < 0.05$ ) of all ages. The panicle fraction showed no difference in gas production as a function of the harvest age, however, the leaf and stem fractions produced higher ( $P < 0.05$ ) amount of gas when harvested on the milky grain stage. All fractions *in vitro* dry matter disappearances (IVDMD) decreased with plant maturity.

Keywords: effective degradability, gas production, gas production potential

## 1. INTRODUÇÃO

Considerando-se que o valor nutritivo das plantas forrageiras pode ser influenciado por práticas de manejo, várias técnicas têm sido desenvolvidas para permitir que estas plantas expressem todo o seu potencial agrônomo de produção e resultem em maior desempenho animal.

Os carboidratos contribuem com cerca de 60 a 80% da matéria seca (MS) das forrageiras, sendo a principal fonte de energia para os seres vivos compreendidos nos primeiros níveis tróficos. Para os ruminantes, eles tornam-se disponíveis indiretamente, na forma de ácidos graxos voláteis (AGV), pela ação microbiana nos compartimentos fermentativos e, diretamente, pela absorção de seus monômeros constituintes, nos intestinos desses animais.

A avaliação de forrageiras tem grande valor prático na alimentação de ruminantes. Como primeiro passo para essa avaliação, foram inicialmente propostos sistemas que propiciam a obtenção de estimativas da digestibilidade. Vários métodos têm sido desenvolvidos com este propósito, entre eles, o obtido por mensurações gravimétricas que utilizam tempo único de incubação, como o método da digestibilidade *in vitro*, proposto por Tilley & Terry (1963).

Contudo, para que se obtenha estimativas mais acuradas dos parâmetros digestivos dos alimentos, é necessário obter estimativas das taxas de degradação ruminal destes alimentos. Estas taxas, por sua vez, são inicialmente obtidas por técnicas gravimétricas, que apresentam limitações inerentes por serem laboriosas, apresentarem baixa repetibilidade e não permitirem a obtenção das taxas de digestão da fração solúvel dos alimentos, visto que as alterações nos pesos das amostras incubadas nos tempos iniciais de fermentação são relativamente pequenas, o que dificulta suas mensurações. Por outro lado, técnicas com enfoque metabólico, que se baseiam não na mensuração do substrato não degradado, mas nos produtos finais da degradação, foram desenvolvidas com o propósito de reduzir essas limitações. Entre estas técnicas, a de produção cumulativa de gases é uma das mais utilizadas para estimar taxas de degradação ruminal.

As vantagens da utilização da técnica *in vitro* de produção de gases para determinação da cinética de degradação dos alimentos estão na sua rapidez, na uniformidade físico-química do local de fermentação e na conveniência de se manter poucos animais fistulados.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999) utiliza um transdutor digital de pressão para mensuração dos gases produzidos em frascos de fermentação com ambiente anaeróbico, acrescidos do substrato a ser testado, meio de cultura e inóculo microbiano ruminal.

Objetivou-se com esse estudo avaliar a cinética de degradação *in vitro* da planta completa e das frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Considerações gerais**

O cultivo dos materiais foi realizado nas dependências da EMBRAPA Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas – MG. O processamento e preparação do material, assim como a condução do ensaio de degradabilidade pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases foi realizado no Laboratório de Gases do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte - MG.

### **2.2 Procedimento experimental**

As mesmas amostras da planta inteira, folha, colmo e panícula do híbrido de sorgo BRS-610 obtidas em quatro idades no experimento do capítulo III foram utilizadas nesse experimento. As amostras foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, até peso constante. Foram moídas em moinhos tipo Willey com peneira de 1,0 mm e posteriormente utilizadas para avaliação *in vitro*.

### **2.3 Frascos de fermentação e sacolas de filtragem**

Para avaliar a degradabilidade e descrever a cinética de fermentação e quantificar a produção total de gases utilizou-se a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. Foi utilizada a técnica descrita por Maurício et al. (1999), porém adaptada à metodologia de Tomich et al. (2012) que descreveram a equação que converte a pressão de gases produzidos

para volume de gases produzidos, a fermentação desses materiais foi realizada em frascos (160mL) previamente lavados com água destilada e posteriormente secos em estufa. Em todos os frascos foi injetado CO<sub>2</sub> por cinco segundos anteriormente à adição do inóculo. Foi adicionado a cada frasco uma sacola de filtragem (F57 da ANKON®) adicionado com 0,5 grama de substrato e posteriormente selado em seladora, sendo que foram utilizados dois frascos por tratamento.

Foram também utilizados frascos contendo somente líquido ruminal, meio de cultura (*Buffer*) e sacola de filtragem vazia como controle, ou seja, a produção de gases oriundos do conteúdo ruminal foi descontada da produção total. Foram utilizados dois frascos controle para cada 32 frascos que continham substrato, totalizando 128 frascos. Em cada frasco foram adicionados manualmente, com auxílio de uma seringa descartável, 45 mL de meio de cultura (Theodorou et al., 1994). Os frascos foram vedados com rolhas de borracha (14 mm) garantindo a completa manutenção de gases em seu interior. Esses procedimentos foram realizados no dia anterior a inoculação. Com o objetivo de evitar qualquer tipo de fermentação esse material permaneceu na geladeira a 4°C durante a noite. No dia seguinte, faltando cinco horas para iniciar o ensaio o material foi removido da geladeira e colocado em estufa a 39°C.

## **2.4 Preparo do meio de cultura**

O meio de cultura utilizado neste experimento foi preparado conforme as recomendações de Theodorou et al. (1994). O meio foi composto por solução macromineral (9,5 g/l de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, 6,2 g/l de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e 0,6 g/l MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), solução micromineral (132 g/l de CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, 100 g/l de MnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, 10 g/l de CoCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O e 80 g/l de FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) solução tampão (4 g/l de NH<sub>4</sub>CO<sub>3</sub> e 35 g/l de NaHCO<sub>3</sub>), indicador (0,01 g/l de Rezasurina) e agente redutor (625 mg de HCl Cisteína, 95 ml água destilada, 4 ml de NaOH 1 M e 625 mg de Na<sub>2</sub>S.9H<sub>2</sub>O). Esta mistura foi agitada constantemente e saturada com CO<sub>2</sub> por duas horas até atingir a coloração rósea, sendo então adicionados 45 mL aos frascos de fermentação.

## **2.5 Inóculo e inoculação**

O líquido ruminal utilizado para inoculação neste experimento foi coletado de um bovino macho, adulto, castrado, de raça européia com fístula no rúmen, com aproximadamente 600 kg. O animal estava sendo mantido em baia individual tipo “Tie Stall”, onde estava sendo

alimentado há 21 dias com silagem de milho *ad libitum* adicionado de 2 kg de ração concentrada comercial com 18% de proteína bruta, ainda dispunha de cochos com água e sal mineral também *ad libitum*. O líquido foi coletado via fístula após o período de quatro horas da última alimentação, via compressão do material fibroso com as mãos e acondicionamento em garrafa térmica previamente aquecida (39°C) com água destilada, a porção superior foi completada com material fibroso para impedir a permanência de ar. As garrafas térmicas foram imediatamente encaminhadas ao laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, onde o líquido foi filtrado, mantido sob fluxo constante de CO<sub>2</sub> e em banho Maria (39°C), sendo então submetido à avaliação de suas características físico-químicas e atividade microbiana pelo teste do azul de metileno.

A inoculação foi realizada por meio da injeção em cada frasco de cinco mL do inóculo preparado, usando-se uma seringa graduada. Logo após a inoculação, injetou-se mais CO<sub>2</sub> para garantir a anaerobiose do sistema e posteriormente os frascos foram vedados novamente com rolhas de borracha (14 mm). Em seguida os frascos foram manualmente agitados e colocados em estufa a 39°C (tempo zero).

## 2.6 Produção de gases

A pressão originada pelos gases acumulados nos frascos foi medida com auxílio de um transdutor de pressão conectado a um leitor digital (tipo T443A, Bailey & Mackey, Inglaterra). As leituras de pressão foram tomadas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente nos seguintes tempos pós-inoculação (tempo zero), 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 48, 72 e 96 h. A transformação dos valores de pressão de gases para volume de gases foi estimado a partir da equação matemática descrita por Tomich et al. (2012).

$$VG = 0,5728 + (7,6618 * P) - (0,0789 * P^2)$$

Em que:

VG = volume de gases(mL);

P = pressão dos gases (libra por polegada quadrada “psi - pound square inch”).

Uma agulha (25 mm x 7 mm) acoplada ao transdutor de pressão foi inserida através da tampa de borracha e a pressão medida e transcrita no computador. O transdutor foi então removido e a agulha mantida inserida à tampa por alguns segundos para completa estabilização entre pressão interna e externa. Este processo foi repetido em todos os frascos de cada bandeja e após as leituras, essas foram agitadas manualmente e recolocadas na estufa. No final do período de fermentação de 96 h, os frascos foram removidos da estufa e levados para geladeira a 4°C. Imediatamente as sacolas de filtragem foram retiradas de dentro dos frascos de fermentação e permaneceram por 12 horas em estufa de ventilação forçada a 105°C, para a determinação da degradabilidade da matéria seca.

Para a descrição matemática da cinética de fermentação ruminal obtida pela técnica *in vitro* de produção de gases, utilizou-se o modelo logístico bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994), ajustado às curvas de produção cumulativa dos gases:

$$V = Vf1 / (1 + \exp. (2 - 4*C1*(T - L))) + Vf2 / (1 + \exp. (2 - 4*C2*(T - L)))$$

Em que:

Vf1 = volume máximo dos gases da fração dos CNF;

C1 = à taxa de degradação (h<sup>-1</sup>) da fração dos CNF;

Vf2 = ao volume máximo dos gases da fração dos CF;

C2 = à taxa de degradação (h<sup>-1</sup>) dos CF;

T = tempos de incubação (h);

L = tempo de latência (h).

## **2.7 Desaparecimento *in vitro* da matéria seca (DEIVMS)**

Após o término da fermentação e leitura das produções de gases, 96 horas de incubação, retirou as sacolas de filtragem (F57) com os resíduos das amostras degradadas de dentro dos frascos de fermentação, e colocou-as em estufa de ventilação forçada a 105°C por 12 horas, realizou a pesagem das sacolas e assim determinou-se por diferença o DEIVMS.

## 2.8 Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística da produção acumulada de gases foi inteiramente ao acaso com parcelas subdivididas, tendo como fontes de variação: quatro repetições (blocos), quatro idades de corte (parcelas) e tempos de incubação (subparcelas).

Para a análise dos dados empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_z + D_i + G_j + D * G_{ij} + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  = observação “k”, no inóculo “z”, da idade ao corte “i”, submetido ao tempo de incubação “j”;

$\mu$  = média geral;

$T_z$  = efeito da repetição “z”, (j = 1, 2, 3 e 4);

$D_i$  = efeito do tempo de incubação “j”, (j = 6, 12, 24, 48, 72 e 96);

$G_j$  = efeito da idade ao corte “i”, (j = 100, 107, 114 e 121);

$D * G_{ij}$  = efeito da interação do tempo de incubação “i”, com a idade ao corte “j”;

$e_{ijk}$  = erro experimental.

Para a comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o teste Student-Newman-Keuls (SNK) (P<0,05). A decomposição da análise de variância seguiu o esquema apresentado:

Análise de variância para o delineamento inteiramente ao acaso com parcelas subdivididas

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	15
Idades de Corte (parcelas)	3
Erro (A)	12
Total de subparcelas	95
Parcelas	15
Tempo (subparcelas)	5
Idade x Tempo	12
Erro (B)	63

Para análise dos dados de DEIVMS utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso com quatro idades de corte e quatro repetições por idade de corte, para cada fração da planta avaliada (Planta inteira, Panícula, Folha e Colmo) conforme o seguinte quadro de análise de variância e modelo estatístico:

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	15
Idade de corte	3
Erro	12

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

em que,

$Y_{ij}$  = observação da variável resposta no estágio de maturação “i”

$\mu$  = média geral

$T_i$  = efeito do estágio de maturação da planta;  $i = C1, C2, C3$  e  $C4$

$\epsilon_{ij}$  = erro aleatório no estágio de maturação “i”;  $\epsilon_{ij} = N(0, 1)$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Determinou-se as equações de regressão para as variáveis analisadas em função das idades de corte a 5% de probabilidade. Para a avaliação de cada fração ao longo das idades de corte foi utilizada análise de regressão, sendo que foram testadas equações lineares e quadráticas e apresentada a que melhor se ajustou aos dados, de acordo com seu nível de significância, significado biológico e valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Produção de gases

A composição bromatológica das amostras incubadas nesse experimento foi descrita e discutida no Capítulo IV.

A produção acumulativa de gases da planta completa do híbrido de sorgo BRS 610 cortado aos 100 dias (Estádio de grãos leitosos) começou a se destacar já nas primeiras seis horas de incubação, sendo superior ( $P < 0,05$ ) aos demais cortes (107, 114 e 121 dias após o plantio), seguindo assim até o final do período de incubação, com 96 horas.

Observa-se (Tabela 17) que a planta inteira na primeira idade de corte teve produção média de 34,00 mL de gases/g de matéria seca (MS) incubada, sendo superior ( $P < 0,05$ ) ao segundo corte com 24,72 mL, que por sua vez foi superior ( $P < 0,05$ ) aos terceiro e quarto cortes que foram semelhantes ( $P > 0,05$ ). Esse comportamento prevaleceu durante todo o período de degradação do material, com a planta completa cortada aos 100 dias produzindo 218,65 mL de gases/g de MS em 96 horas de incubação, ao passo que a planta completa cortada aos 121 dias produziu 195,34 mL. Sabe-se que o valor nutritivo das forragens decresce quando a planta se aproxima da maturidade. Por isso, com o aumento da idade da planta, a proporção de componentes potencialmente digestíveis, compreendendo os carboidratos solúveis, proteínas e outros componentes celulares tendem a declinar, enquanto as proporções de lignina, celulose, hemiceluloses aumentam. O que resulta em um declínio na digestibilidade final do material. Até mesmo a alta concentração da fração panícula, de maior digestibilidade, na planta mais velha não conseguiu proporcionar maior degradabilidade. De acordo com Van Soest (1994), a degradabilidade é inversamente proporcional à idade de corte da forrageira. Jayme et al. (2009) ao avaliarem quatro genótipos de girassol encontraram produções máximas de gás com valores entre 128,47 e 92,88 mL/g de MS de amostra incubada. Esses materiais avaliados continham de 11,64 a 7,27% de lignina na matéria seca, comprovando que quanto maiores são os teores de compostos indigestíveis menores são as produções de gases. Já Guimarães Jr. et al. (2008) ao avaliarem silagens de três genótipos de milho encontraram valores máximos entre 147,3 a 157,7 mL de gases/g de MS, esses genótipos de milho continham teores de 37,7 a 39,7 % de fibra insolúvel em detergente ácido na matéria seca, o que impossibilitava maior degradabilidade da matéria seca.

Faria Júnior et al. (2010) ao avaliarem as silagens do híbrido de sorgo BRS 610 em sete estádios de maturação dos grãos, compreendidos entre leitoso e duro, não observaram variação significativa ( $P > 0,05$ ) na produção de gases entre os estádios de maturação para um mesmo período de incubação, sendo diferente do observado no presente estudo. Já a comparação entre períodos de incubação para um mesmo estágio de maturação mostrou-se com produções acumuladas de gases crescentes ( $P < 0,05$ ) até 96 horas de incubação, com as

médias de 22,58, 60,79, 103,71, 139,85, 160,01 e 170,66mL/g de MS, para os tempos de incubação de seis, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, respectivamente, valores que são inferiores aos obtidos nesse estudo, podendo ser justificável em decorrência, provavelmente, dos menores teores de carboidratos solúveis, que foram gastos na fermentação para conservação do volumoso. Os autores afirmaram ainda que, apesar da semelhança estatística, a diferença numérica de menor produção de gases (89,52, 121,13, 139,68 e 150,84 mL/g de MS) no estágio de grãos seco, para os tempos de incubação de 24, 48, 72 e 96 horas, pode ser indicativo de menor fermentação da fração fibrosa lentamente degradável presente nesse material em estágio de grãos seco, representado principalmente pelas frações folha e colmo. Maurício et al. (2003), ao avaliarem a produção de gases das silagens de quatro cultivares de sorgo, obtiveram valores de potencial máximo de produção de gases de 179, 179, 194 e 166mL/g de MS, para os híbridos BR700, BR701, BR601 e AG2002, respectivamente.

Observa-se (Tabela 17) que as produções de gases em mL/g de MS da fração panícula não diferiram ( $P>0,05$ ) em função da idade de corte da planta, comportamento que se repetiu em todos os tempos de degradação (6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas de incubação). Apesar da fração panícula ser rica em carboidratos não fibrosos, basicamente amido, é pobre em carboidratos solúveis prontamente fermentescíveis, pois foi à fração de menor produção de gases ( $P<0,05$ ) nas primeiras seis horas de incubação. Isso ocorreu nas duas idades mais novas, ao passo que nas duas idades mais velhas se juntaram a planta completa, que têm na sua constituição alta porcentagem de panícula, baseado na matéria seca. As produções de gases começaram tímidas, com 16,19 mL/g de MS nas primeiras seis horas de incubação, na idade de 107 dias, no entanto alavancaram com o decorrer do tempo de incubação, e foi a fração de maior produção de gases ao final do período de 96 horas, chegando a produzir 239,70 mL/g de MS, na idade de 121 dias. A fração panícula foi superior ( $P<0,05$ ) as outras frações a partir das 24 horas de incubação em todas as idades de corte, salvo na idade de 107 dias, que foi semelhante ( $P>0,05$ ) a planta inteira, como pode ser observado na tabela 17. Programas de seleção e melhoramento de híbridos de sorgo para produção de volumoso de alto valor nutricional têm perseguido genótipos com altas concentrações da fração panícula na matéria seca, que tenham também altas produções de matéria seca por hectare.

Pode-se observar que as produções de gases da fração folha até as seis horas de degradação não diferiram ( $P>0,05$ ) entre as idades de corte (Tabela 17), com produção média de apenas 21,64 mL/g de MS incubada. Mas já partir das 12 horas de incubação, a idade de 100 dias

produziu maiores quantidades de gases, sendo superior ( $P < 0,05$ ) as demais idades, no entanto essa superioridade prevaleceu até o momento das 48 horas de incubação, passando a ser semelhante ( $P > 0,05$ ) a idade de 107 dias, que foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos demais cortes (114 e 121 dias) até o final da degradação, com 96 horas de incubação. A medida que avança a maturação da planta, ocorre maior senescência com diminuição dos carboidratos solúveis e aumento da parede celular, onde a proporção de fibras digestíveis/indigestíveis diminui. O aumento das frações indigestíveis, principalmente fibra em detergente ácido, em função da idade de corte pode ser observado na tabela 11 do capítulo IV. Nas 1ª, 3ª e 4ª idades de corte a fração folha teve pior comportamento ( $P < 0,05$ ) ao final das 96 horas de degradação, entre as frações, se equiparando ( $P > 0,05$ ) apenas a planta inteira e ao colmo no segundo corte. Castro et al. (2007) ao avaliarem a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu aos 28, 56, 84 e 112 dias após o rebrote encontraram valores de 22,7 a 27,9 mL de gases/g de MS com 6 horas de fermentação, sendo semelhantes ( $P < 0,05$ ) entre se, são valores superiores aos encontrados para a fração folha no presente estudo, no entanto são valores baixos, pois têm baixos teores de carboidratos solúveis assim como a fração folha do híbrido de sorgo BRS 610.

Pode-se perceber que a fração folha, baseado nos dados obtidos, é a porção fenológica da planta do híbrido de sorgo BRS 610 de pior valor nutricional, pois as produções de gases estão diretamente correlacionados a degradabilidade do material avaliado.

Tabela 17. Produção acumulada de gases (mL/g de MS) pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases da planta completa e das frações (Colmo, Folha e Panícula) do híbrido de sorgo BRS-610 nos diferentes tempos de incubação 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, em quatro idades de corte

Fração	Tempos de degradação (Horas após incubação)					
	6	12	24	48	72	96
100 dias <sup>a</sup>						
Inteira <sup>1</sup>	34,00 Ab	69,06 Aa	119,57 Ab	173,96 Ab	201,70 Ab	218,65 Ab
Colmo <sup>2</sup>	43,32 Aa	74,25 Aa	120,91 Ab	174,33 Ab	205,05 Ab	223,80 Ab
Folha <sup>3</sup>	24,36 Ac	48,66 Ab	96,45 Ac	143,27 Ac	168,38 Ac	185,75 Ac
Panícula <sup>4</sup>	23,38 Ac	71,11 Aa	136,38 Aa	191,79 Aa	216,61 Aa	234,35 Aa
107 dias <sup>b</sup>						
Inteira <sup>1</sup>	24,72 Bb	58,10 Ba	109,70 Ba	159,09 Bb	184,40 Bb	200,46 Bb
Colmo <sup>2</sup>	33,06 Ba	57,43 Ba	97,07 Bb	150,75 Bc	185,49 Bb	206,72 Bb
Folha <sup>3</sup>	19,06 Ab	39,19 Bb	86,35 Bc	138,10 Bd	164,47 Ac	182,82 ABb
Panícula <sup>4</sup>	16,19 Ab	51,23 Aa	115,40 Aa	188,70 Aa	220,86 Aa	239,50 Aa
114 dias <sup>c</sup>						
Inteira <sup>1</sup>	19,57 Cb	47,75 Cb	94,76 Cb	149,07 Cb	177,03 Cb	195,34 Cb
Colmo <sup>2</sup>	31,29 Ba	51,37 BCab	88,25 BCc	140,27 Cc	171,90 Cb	191,96 Cb
Folha <sup>3</sup>	20,93 Ab	40,83 Bc	83,65 Bc	133,26 Cd	159,85 Bc	179,70 Bc
Panícula <sup>4</sup>	17,52 Ab	55,77 Aa	114,67 Aa	178,69 Aa	208,56 Aa	225,62 Aa
121 dias <sup>d</sup>						
Inteira <sup>1</sup>	16,01 Cb	43,70 Db	90,88 Cb	148,92 Cb	176,65 Cb	194,35 Cb
Colmo <sup>2</sup>	26,80 Ba	44,75 Cb	79,83 Cc	130,81 Dc	161,39 Dc	182,75 Dc
Folha <sup>3</sup>	22,23 Aab	41,19 Bb	82,30 Bc	130,24 Cc	156,88 Bc	175,41 Cd
Panícula <sup>4</sup>	18,87 Ab	54,02 Aa	112,67 Aa	182,43 Aa	218,37 Aa	239,70 Aa

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna e na mesma fração, indicam igualdade estatística, entre as idades de corte, pelo teste SNK ( $P > 0,05$ ). Letras minúsculas na mesma coluna comparam as frações na mesma idade de corte, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ( $P > 0,05$ ); aCV = 4,77%; bCV = 6,88%; cCV = 5,96%; dCV = 6,53%; 1CV = 3,64%; 2CV = 8,36%; 3CV = 4,34%; 4CV = 26,08%.

As produções acumulativas de gases nos tempos 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas de incubação da fração colmo do híbrido de sorgo BRS 610 nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias estão na tabela 17. Diferentemente do esperado, foi a fração de maior ( $P < 0,05$ ) produção de gases nas

primeiras seis horas de degradação em todas as idades de corte, chegando a produzir 43,32 mL/g de MS na primeira idade de corte (100 dias). O colmo demora mais tempo a senescer, demorando pouco mais a perder carboidratos solúveis, que são fermentados rapidamente. No entanto com o avanço do estágio de maturação ocorre conversão dos carboidratos solúveis do colmo em amido, depositado nos grãos. A redução do conteúdo de carboidratos solúveis no colmo é acompanhada por aumento nos teores de fibras (FDN e FDA). As produções de gases caem acentuadamente com o avançar da idade da planta, sendo a planta mais jovem superior ( $P < 0,05$ ) as demais. As produções de gases acumuladas, até as 96 horas, passaram de 223,80 para 182,75 mL/g de MS aos 100 e 121 dias de idade respectivamente, queda bastante acentuada. É importante frisar, que não somente às 96 horas, como também em todos os outros tempos de degradação avaliados (06, 12, 24, 48 e 72 horas de incubação), foi o colmo mais novo o de maior produção de gases ( $P < 0,05$ ).

### **Cinética de fermentação dos carboidratos fibrosos e não fibrosos**

Os tempos de latência (L) na planta inteira foram de 4,8, 6,0, 7,2 e 8,2 horas, para as plantas cortadas nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias respectivamente (Tabela 18). São valores relativamente baixos, quando comparados aos encontrados por Sá et al. (2011) para *Brachiaria brizantha* (12,9, 13,2 a 14,6h), com idade de 28, 35 a 54 dias, respectivamente. A fração fibrosa está diretamente associada à maior parte dos eventos envolvidos neste parâmetro, que pode ser confirmado nesse experimento, pois o valor de L praticamente dobrou do primeiro corte, aos 100 dias, para o quarto corte, aos 121 dias, mostrando que mais rápida é a possibilidade de degradação do material menos fibroso. Os maiores volumes de gases produzidos para a fração de rápida degradação (VF1) foram obtidos nos primeiro e segundo cortes, sendo o segundo ligeiramente superior ao primeiro (72,9 x 73,8 mL). Estes elevados valores de VF1 se devem ao maior teor de CNF apresentados nessas duas idades de corte (Tabela 18), conferindo maior disponibilidade de substrato fermentescível, proporcionando maior produção de gases para essa fração.

As taxas de degradação para a fração rapidamente degradável (C1) da planta inteira com valor médio de  $0,084\text{h}^{-1}$ , estão em patamares aceitáveis, levando-se em conta que é uma forrageira com teores médios de carboidratos solúveis, visto que Sá et al. (2011) avaliando *Brachiaria brizantha*, de baixos teores de carboidratos solúveis, encontraram taxas de  $0,05\text{h}^{-1}$ , já

Fernandes et al. (2003) avaliando cana-de-açúcar, de altos teores de carboidratos solúveis (Sacarose), encontraram taxas de  $0,18h^{-1}$ .

Partindo-se do princípio de que os gases produzidos refletem a degradação da amostra testada, as taxas e o volume máximo de gases das frações CNF e CF são, provavelmente, os principais parâmetros para avaliar a qualidade de forrageiras testadas pela técnica de produção de gases Tomich (2003). Assim, forrageiras mais fermentáveis ou digestíveis seriam aquelas que apresentarem maiores valores de VF1 e VF2 associados as altas taxas de produção de gases, resultando numa maior fermentação do material em menor tempo de incubação. Seguindo esses parâmetros, a planta completa obtida no estágio de grão leitoso sobressai por associar maiores produções de gases provindos da somatória dos VF1 e VF2 com maiores taxas de fermentação em menor tempo de latência.

A planta completa obtida na idade de 100 dias (Grãos leitosos) é a que teve maior valor de VF2 (Valor máximo de gases produzidos da fração lentamente degradável – Carboidratos fibrosos (CF)), (Tabela 18). A medida que a planta fica mais velha os teores de FDA das frações folha e colmo aumentam consideravelmente, favorecendo menor digestibilidade do material. As taxas de degradação para a fração lentamente degradável praticamente não oscilaram, com média de  $0,017.h^{-1}$ .

A partir do período de 72 horas de fermentação a produção de gases referente à MS tendeu a estabilização, atingindo valores acima de 95% da produção total de gases nas quatro idades de corte. A produção de gases dos CNF aumentou gradativamente até o período de 20 horas de fermentação, tendendo a estabilização após 24 horas de fermentação, enquanto a maior produção de gases dos CF ocorreu no período entre 20 e 72 horas de fermentação. Levando-se em consideração taxas de passagem de  $0,05.h^{-1}$ , em que o alimento permanece no rúmen apenas 20 horas, os ácidos graxos produzidos resultariam, principalmente, dos carboidratos não fibrosos. Nesse estudo especificamente, 64% dos gases produzidos até as 20 horas de incubação são decorrentes da degradação dos carboidratos não fibrosos. Conforme Getachew et al. (2004), a quantidade de gases produzidos por um alimento em incubação reflete a produção de ácidos graxos de cadeia curta, os quais são a principal fonte de energia para os ruminantes. Os gases surgem diretamente da degradação microbiana dos alimentos, e indiretamente da reação do tampão com os ácidos gerados como resultado da fermentação.

O tempo de latência (L) representa o tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada. Os valores encontrados para fração panícula do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) foram 6,6, 8,7, 7,6 e 8,1 respectivamente (Tabela 18). Aumentos nesses tempos podem ocorrer devido a presença de fatores anti-nutricionais (taninos) e por características físicas (vitreosidade dos grãos) e químicas (como maior ou menor teor de lignina) da parede celular da amostra. Para que o amido da região vítrea dos grãos de sorgo se torne disponível para a digestão, é necessária a digestão preliminar da parede celular e do arcabouço formado pela matriz protéica e pelos corpos protéicos que recobrem os grânulos de amido. Por isso, é necessária a formação de consórcios de microrganismos ruminais para que a digestão dos grãos se processe (Faria Júnior et al., 2010). Portanto, é necessária a presença de microrganismos celulolíticos e proteolíticos para a digestão daquelas estruturas para que o amido se torne disponível (Orskov, 1986; Antunes, 2005).

A medida que a planta fica mais velha, os grãos amadurecem (perdem umidade) e a matriz protéica em volta dos grânulos de amido se torna mais densa, com menor susceptibilidade a degradação, fato esse comprovado pelos valores de VF1 (mL) (Volume máximo de gases produzidos na fração de CNF) obtidos na fração panícula, que foram de 94,0, 71,9, 72,4 e 71,0 nos estádios leitoso, pastoso, farináceo e duro dos grãos respectivamente. Sendo as taxas de degradação da fração rapidamente degradável (C1) também decrescentes com o avançar da idade de maturação (0,089, 0,088, 0,085 e 0,082.h<sup>-1</sup>).

Apesar de haver maior deposição de amido nos grãos com o avançar da maturação e diluir os teores de carboidratos fibrosos (CF), os valores de VF2 (mL) (Volume máximo de gases da fração de CF) aumentaram com o avançar da idade da planta, sendo 134,9, 162,8, 149,1 e 165,8 mL nos estádios de grãos leitoso, farináceo, pastoso e duro respectivamente. Pode ser que o arranjo ultra-estrutural da matriz protéica em volta dos grânulos de amido presente na panícula, tenha dificultado a ação dos microrganismos inicialmente. Na mesma tendência seguiram as taxas de degradação da fração fibrosa (C2), com valores de 0,019, 0,019, 0,018 e 0,017.h<sup>-1</sup> para as quatro idades de corte sucessivamente.

Tabela 18. Médias dos parâmetros L - Latência; VF1 - Volume máximo de gases da fração de carboidratos não fibrosos (CNF); C1 - Taxa de degradação para a fração de CNF; VF2 - Volume máximo de gases da fração de carboidratos fibrosos (CF); C2 - Taxa de degradação para a fração de CF e  $R^2$  - Coeficiente de Determinação, ajustados relativos à cinética de produção de gases dos CNF e dos CF no período de 96 horas referente a planta inteira e as frações panícula, folha e colmo do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos

Item	Estádio de maturação dos grãos (Idade de corte)			
	Leitoso (100 dias)	Pastoso (107 dias)	Farináceo (114 dias)	Duro (121 dias)
Planta inteira				
L (h)	4,8	6,0	7,2	8,2
VF1 (mL)	72,9	73,8	57,6	52,8
C1 (h <sup>-1</sup> )	0,081	0,079	0,086	0,092
VF2 (mL)	142,9	124,4	135,3	138,0
C2 (h <sup>-1</sup> )	0,017	0,017	0,017	0,018
R <sup>2</sup>	0,991	0,995	0,992	0,995
Panícula				
L (h)	6,6	8,7	7,6	8,1
VF1 (mL)	94,0	71,9	72,4	71,0
C1 (h <sup>-1</sup> )	0,089	0,088	0,085	0,082
VF2 (mL)	134,9	162,8	149,100	165,8
C2 (h <sup>-1</sup> )	0,019	0,019	0,018	0,017
R <sup>2</sup>	0,991	0,995	0,994	0,992
Folha				
L (h)	5,9	7,5	6,8	6,3
VF1 (mL)	70,0	61,0	55,8	54,7
C1 (h <sup>-1</sup> )	0,065	0,066	0,067	0,064
VF2 (mL)	115,8	121,8	124,4	121,7
C2 (h <sup>-1</sup> )	0,015	0,015	0,015	0,015
R <sup>2</sup>	0,994	0,991	0,994	0,993
Colmo				
L (h)	3,8	4,8	4,4	5,2
VF1 (mL)	62,9	48,3	43,2	42,9
C1 (h <sup>-1</sup> )	0,097	0,089	0,076	0,065
VF2 (mL)	156,6	157,4	148,2	141,2
C2 (h <sup>-1</sup> )	0,017	0,015	0,015	0,015
R <sup>2</sup>	0,986	0,971	0,972	0,976

O comportamento dos períodos de latência (L) em horas da fração folha do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) foi distinto do que se esperava com valores de 5,9, 7,5, 6,8 e 6,3 horas (Tabela 18) para os respectivos estádios de maturação da planta. No entanto, há coerência para o resultado menor ser da planta mais nova, pois existe maior quantidade de carboidratos solúveis e menores teores de compostos insolúveis, os teores de FDN e FDA da fração folha apresentaram comportamento linear ( $P < 0,05$ ) (Ver tabela 11. Cap. III) em função da idade corte da planta, com aumento de compostos potencialmente indigestíveis. Os valores de VF1 (mL) 70,0, 61,0, 55,8 e 54,7 decrescentes com o avançar da idade mostra que há queda nos valores de carboidratos solúveis na fração folha com a maturação da planta. Já as taxas de degradação da fração CNF praticamente não alteraram com a idade, sendo 0,065, 0,066, 0,067 e 0,064  $h^{-1}$  nas idades crescentes. Os valores de VF2 (mL) 115,8, 121,8, 124,4 e 121,7 nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias e também as taxas de degradação dos CF (C2) (0,015, 0,015, 0,015 e 0,015) mostra que há pouca variação qualitativa nos teores de carboidratos fibrosos. A partir da tabela 18 pode-se inferir que a fração folha é a de pior qualidade nutricional das porções fenológicas da planta do híbrido de sorgo BRS 610, pois no somatório dos valores VF1 e VF2 é a que apresentou menor valor.

A fração colmo foi a que apresentou os menores valores de latência (L) com 3,8, 4,8, 4,4 e 5,2 horas nos estádios de grãos leitoso, pastoso, farináceo e duro respectivamente (Tabela 18). Isso mostra que a maior quantidade de carboidratos solúveis da planta do híbrido de sorgo BRS 610 está presente no colmo. No entanto, com o avançar da maturação os teores de carboidratos solúveis vão se convertendo em amido e são depositados nos grãos. Os valores de VF1(mL) 62,9, 48,3, 43,2 e 42,9 nos confirmam este fato, pois há queda de mais de 30% nos valores máximos de produção de gases provindos dos carboidratos não fibrosos (62,9 – Leitoso x 42,9 – Grão duro). Os valores de C1 (0,097, 0,089, 0,076 e 0,065. $h^{-1}$ ) também indicam essa queda nos teores de carboidratos solúveis no colmo com a maturidade da planta. Quanto aos valores de VF2, variaram de 156,6 a 141,2 mL nos estádios de grão leitoso e duro respectivamente, mais uma vez indicando piora na qualidade da fibra com o avançar da idade da planta.

Levando-se em consideração que os híbridos de sorgo forrageiro, como o BRS 610, são utilizados, na grande maioria das vezes, para produção de silagens, deve-se atentar ao melhor momento de corte que viabilize a maximização da fermentação bacteriana na massa ensilada e

favoreça adequada conservação do volumoso. A fermentação na ensilagem é proporcionada pelo consumo de carboidratos solúveis, e não por amido, pelas bactérias hetero e homofermentativas. Baseado nos resultados obtidos nesse estudo, visando somente a conservação da forragem, a melhor idade de corte da planta é aos 100 dias.

### **Desaparecimento *in vitro* da matéria seca (DEIVMS)**

Na tabela 19 encontram-se os valores médios das DEIVMS da planta completa e das frações panícula, colmo e folha do híbrido BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro). Pode-se observar que todas as variáveis (planta completa, panícula, folha e colmo) apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte da planta.

As porcentagens médias das DEIVMS da planta completa nos estádios de maturação de grãos leitoso, farináceo, pastoso e duro foram 60,74, 56,61, 55,22 e 54,12%, respectivamente. Essas médias apresentaram redução linear ( $P < 0,01$ ) de acordo com a equação % DEIVMS da planta completa =  $90,25 - 0,303 X$ ,  $R^2 = 0,90$ , onde X refere-se a idade de corte (Tabela 19). A medida que a planta fica mais velha, principalmente em gramíneas tropicais, há aumento da síntese de constituintes da parede celular, bem como do seu espessamento e da deposição de lignina, o que tende a aumentar a fração indigerível, reduzindo, dessa forma, a fração potencialmente digerível (Wilson, 1994). Faria Junior et al. (2010) ao avaliarem silagens do híbrido de sorgo BRS 610, encontraram 45,03% e 50,35% de DEIVMS (96 horas) nos estádios de grãos leitoso e duros, respectivamente.

Como a produção de gases é proporcional a degradação do material incubado, observa-se na tabela 17 (Produção acumulativa de gases) que praticamente 80% do total de gases produzidos em todas as frações e também idades de corte, aconteceu até as 48 horas de degradação, ou seja, o valor nutricional das forrageiras testadas pela técnica de produção de gases pode ser ditado até o momento das 48 horas. Maurício et al. (2003), ao avaliarem silagens de sorgo, encontraram valores de DEIVMS (96 horas) de 59,8, 60,1, 64,9 e 59,3% para os híbridos BR700, BR 701, BR 601 e AG 2002, respectivamente, ao passo que a DEIVMS (48 horas) foi de 56,5, 56,0, 62,8 e 56,4% para os mesmos híbridos na sequência. Os mesmos autores verificaram ainda as digestibilidades *in vivo* da matéria seca (DMS *in vivo*) dos quatro híbridos de sorgo e encontraram 52,2, 50,5, 61,8 e 49,8% para os híbridos

BR700, BR 701, BR 601 e AG 2002, respectivamente. Compararam os dados obtidos no experimento *in vitro* (Produção Total de Gases = PTG) com os obtidos *in vivo* (DMS *in vivo*) e encontraram a seguinte equação: digestibilidade *in vivo* (g/kg) = 0,46PTG (mL) + 361,08 ( $R^2 = 0,97$ ), mostrando a proximidade dos valores *in vitro* em relação aos *in vivo*. Vale ressaltar que os dados da DMS obtidos a 48 h foram numericamente mais próximos aos valores *in vivo* que os valores obtidos a 96 h. Provavelmente este resultado está associado ao período de permanência do alimento no rúmen (48 h aproximadamente) Maurício et al. (2003).

Tabela 19. Desaparecimento *in vitro* da matéria seca (DEIVMS) após 96 horas de incubação em porcentagem da matéria seca e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), nível de significância (P) e coeficiente de variação (CV) das frações do híbrido de sorgo BRS 610 cortado nas idades de 100, 107, 114 e 121 dias após o plantio

Fração	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	$R^2$	P	CV
	100	107	114	121				
	DEIVMS %							
Inteira	60,74	56,61	55,22	54,12	Y = 90,25 - 0,303 X	0,90	<0,01	2,77
Panícula	66,79	63,14	60,11	61,69	Y = 91,86 - 0,261 X	0,69	<0,01	4,13
Folha	56,85	54,85	52,24	52,92	Y = 76,92 - 0,205 X	0,80	<0,05	3,98
Colmo	63,66	56,81	53,50	54,32	Y = 106,4 - 0,447 X	0,77	<0,01	7,03

Pode-se observar (Tabela 19) que as médias de DEIVMS de todas as frações da planta do híbrido de sorgo BRS 610 em quatro estádios de maturação dos grãos (leitoso, pastoso, farináceo e duro) apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) em função da idade de corte da forrageira. Até a fração panícula, que diferentemente do obtido na DIVMS, apresentou queda nas degradações com o avançar da maturação da planta. Respostas sobre as variações da digestibilidade são reportadas por autores como associadas às variações na composição da parede celular (Jung & Allen, 1995; Akin, 1989), que podem estar relacionadas às características morfogênicas. O crescimento e o desenvolvimento da parede celular das plantas podem ser divididos em fases, de modo que primeiramente ocorre o desenvolvimento da parede primária com alongamento celular e concomitante deposição de pectina, xilanas e celulose. Posteriormente, quando o alongamento celular cessa, ocorre o espessamento da parede secundária, fase na qual a lignina passa a ser depositada mais intensamente (Detmann et al., 2009). Anatomicamente, as células do mesófilo e as do floema são digeridas

rapidamente, as da epiderme e da bainha parenquimática dos feixes são digeridas mais lenta e parcialmente e as do esclerênquima e do xilema, que apresentam parede celular espessa e lignificada, são muito pouco digeridas (Jung & Allen, 1995). Segundo Paciullo et al. (2002), o aumento da idade das gramíneas promove alterações nas proporções dos tecidos anatômicos das plantas, uma vez que a proporção de esclerênquima e xilema aumenta e a de mesófilo diminui. Além disso, Fukushima & Savioli (2001) relataram que a passagem do início da fase reprodutiva para a fase de plena frutificação em gramíneas tropicais incorre em alterações químicas nos constituintes da parede celular e, apesar da forte correlação negativa entre quantidade de lignina e digestibilidade, a composição química da lignina deve também ter importante papel na digestibilidade da parede celular.

#### **4. CONCLUSÕES**

A planta inteira e as frações colmo, folha e panícula do híbrido de sorgo BRS 610 no estágio de grãos leitosos se destacaram em relação às outras idades de corte por terem apresentado maiores produções de gases e também por apresentarem maior rapidez na fermentação ruminal *in vitro*.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agronomy Journal*, v.81, p.17-25, 1989.

ANTUNES, R. C. *Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para animais*. 2005. 110p. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CASTRO, G. H. F.; Graça, D. S.; GONÇALVES, L. C. et al. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu colhida em diferentes idades ao corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.6, p.1538-1544, 2007.

DETMANN, E.; SILVA, J. F. C.; VASQUEZ, H. M. et al. Cinética da degradação ruminal dos carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação

nitrogenada: Técnica de produção de gases. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.1, p.149-158, 2009.

FARIA JÚNIOR, W. G.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M. et al. Avaliação das silagens do sorgo BRS-610 em sete estádios de maturação pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.4, p.898-905, 2010.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; PEREIRA, J. C. et al. Fracionamento e cinética da Degradação In Vitro dos Carboidratos Constituintes da Cana-de-Açúcar com Diferentes Ciclos de Produção em Três Idades de Corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1778-1785, 2003 (Supl. 1).

FUKUSHIMA, R.S.; SAVIOLI, N.M.F. Correlação entre digestibilidade *in vitro* da parede celular e três métodos analíticos para avaliação quantitativa da lignina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.302-309, 2001.

GETACHEW, G.; ROBINSON, P. H.; DEPETERS, E. J. et al. Relationship between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.111, n.1-4, p.57-71, 2004.

GUIMARÃES Jr. R.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M. et al. Cinética de fermentação ruminal de silagens de milho. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, n.5, p.1174-1180, 2008.

JAYME, D. G.; GONÇALVES, L. C.; MAURICIO, R. M. et al. Avaliação pela técnica semiautomática de produção de gases das silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) (Rumbosol 91, Victoria 627, Victoria 807 e Mycogen 93338). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.6, p.1403-1410, 2009.

JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2774-2790, 1995.

MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science Technology*, v.79, p.321-330, 1999.

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONCALVES, L.C. et al. Potencial da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, p.1013-1020, 2003.

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*, v.63, p.1624-1633, 1986.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; SILVA, E.A.M. et al. Características anatômicas da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, p.890-899, 2002.

SÁ, J. S.; PEDREIRA, M. S.; SILVA, F. F. et al. Cinética de fermentação *in vitro* do capim-Marandu em diferentes idades de corte. *Acta Scientiarum*, v.33, n.3, p.225-231, 2011.

SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *Journal of Animal Science*, v. 72, n. 11, p.2980-2991, 1994.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S., et al. A new gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.48, p.185-197, 1994.

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

TOMICICH, T. R.; PIRES NETO, O. S.; RAPOSO, V. S. et al. Relação entre pressão e volume de gases para experimentos conduzidos no laboratório de produção de gases da Universidade Federal de Minas Gerais utilizando sacolas de filtragem pra segregação dos resíduos de incubação. *Caderno de Ciências Agrárias*, v.4, p.109-115, 2012.

TOMICCH, T.R. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados em regime de corte*. 2003. 82f. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

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

WILSON, J.R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants: review. *J. Agric. Sci.*, 122(2):173-182. 1994.

## CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Os resultados desse estudo apontam que o híbrido de sorgo BRS 610 tem boa produtividade de matéria seca digestível em todas as idades de corte avaliadas. Esse híbrido de sorgo deve ser cortado na idade mais nova (grãos leitosos). Os teores de matéria seca da planta inteira na idade de 100 dias estão dentro do recomendado para produção de silagens de qualidade (25-35%). A planta mais nova possui melhor valor nutritivo, bem como as suas frações. Aos 100 dias de idade a planta inteira proporcionou maior degradação ruminal *in vitro*.

Sendo cortado mais novo, a cultura irá permanecer menos tempo no campo, com menor possibilidade de perda do material por pássaros e demais pragas, maior possibilidade de rebrota, diluindo os custos de produção do volumoso e aumentando a produtividade, menor possibilidade de acamamento, além de liberar a área mais cedo para a próxima cultura, potencializando o uso da terra.