

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

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E NUTRICIONAL DE
HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO NORMAIS E
MUTANTE *BMR* EM QUATRO IDADES DE CORTE**

PEDRO DIAS SALES FERREIRA

**BELO HORIZONTE
2012**

Pedro Dias Sales Ferreira

Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutante *bmr* em quatro idades de corte

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

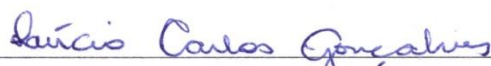
Belo Horizonte
Escola de Veterinária da UFMG
2012

F383a Ferreira, Pedro Dias Sales, 1988 –
Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutante *bmr* em quatro idades de cortes / Pedro Dias Sales Ferreira. – 2012.
98 p. : il.
Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

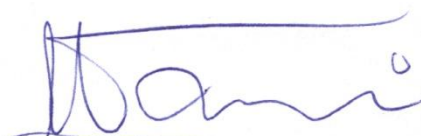
1. Ruminante – Alimentação e rações – Teses. 2. Capim-sudão – Teses. 3. Valor nutricional – Teses. 4. Sorgo – Teses. 5. Digestibilidade – Teses. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.208 5

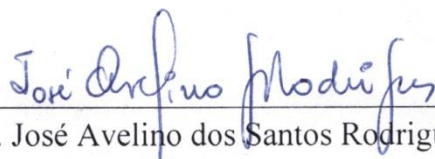
Tese defendida e aprovada em 17 de julho de 2012 pela comissão examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Lúcio Carlos Gonçalves
(Orientador)



Prof. Norberto Mario Rodriguez



Dr. José Avelino dos Santos Rodrigues

Belo Horizonte, 17 de julho de 2012

“Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende.”

Rosa, J.G.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por todas as oportunidades concedidas até o momento.

Ao Professor Lúcio Carlos Gonçalves pela brilhante orientação, pela amizade e por toda a confiança depositada em mim desde os tempos da Iniciação Científica.

Ao Dr. José Avelino dos Santos Rodrigues, pela parceria na execução deste e de outros trabalhos e por estar sempre disponível para ajudar.

Ao Professor Norberto Mario Rodriguez, pelas valiosas contribuições a este trabalho e por todo o aprendizado adquirido.

Ao Professor Diogo Gonzaga Jayme, pelos ensinamentos e especialmente pelo exemplo de profissional.

Aos colegas da pós-graduação e amigos do grupo de pesquisa, pela amizade e pela grande contribuição na execução deste trabalho.

À toda minha família, que soube entender os momentos de ausência e preencheu com alegria os momentos de descontração.

À Dalinne, por todo carinho e dedicação ao longo desse período.

Aos membros do Colegiado de Pós-Graduação em Zootecnia, em especial aos Professores Iran Borges e Eloísa de Oliveira Simões Saliba, por todo o suporte prestado durante o curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Milho e Sorgo, pela parceria na condução da parte de campo deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo financiamento do projeto de pesquisa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço a todos que torceram por mim!

SUMÁRIO

RESUMO	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL	17
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Híbridos de sorgo capim capim-sudão.....	19
2.2 As ligninas e a mutação <i>bmr</i>	24
2.3 Alterações agronômicas nos mutantes <i>bmr</i>	30
2.4 Valor nutritivo e desempenho animal utilizando mutantes <i>bmr</i>	31
2.5 Referências bibliográficas.....	33
CAPÍTULO III - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE QUATRO HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTE <i>BMR</i>, AVALIADOS EM QUATRO IDADES DE CORTE	
3.1 INTRODUÇÃO.....	41
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
3.4 CONCLUSÕES.....	50
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
CAPÍTULO IV - VALOR NUTRITIVO DE QUATRO HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTE <i>BMR</i>, AVALIADOS EM QUATRO IDADES DE CORTE	
4.1 INTRODUÇÃO.....	53
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.4 CONCLUSÕES.....	69
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

CAPÍTULO V - CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE QUATRO HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTE *BMR*, AVALIADOS EM QUATRO IDADES DE CORTE

5.1 INTRODUÇÃO.....	75
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	75
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
5.4 CONCLUSÕES.....	87
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
ANEXO I - Teste de Identidade de Modelos.....	93
ANEXO II - Matriz de correlação entre as variáveis estudadas.....	97

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

Tabela 1. Dados climáticos mensais da área onde foi realizado o experimento	42
Tabela 2. Altura das plantas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio	44
Tabela 3. <i>Stand</i> de plantas de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio	45
Tabela 4. Produtividade de matéria verde (PMV) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio	46
Tabela 5. Produtividade de matéria seca (PMS) e equação de regressão com seu respectivo coeficiente de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio	47
Tabela 6. Produtividade de matéria seca digestível (PMSD) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio	48
Tabela 7. Relação Folha/Colmo e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio	49
Tabela 8. Matriz de correlação entre as variáveis estudadas	50

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), em porcentagem da matéria natural (MN), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio	55
Tabela 2. Teores de matéria mineral (MM), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio	56
Tabela 3. Teores de fibra em detergente neutro (FDN), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro	58

híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Tabela 4. Teores de fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio 60

Tabela 5. Teores de lignina, em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio 62

Tabela 6. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio 64

Tabela 7. Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), em porcentagem da FDN, das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio 66

Tabela 8. Teores de proteína bruta (PB), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio 69

CAPÍTULO V

Tabela 1. Produção cumulativa de gases (ml/g de MS) após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de incubação de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio 81

Tabela 2. Parâmetros da cinética de fermentação *in vitro* dos carboidratos não fibrosos (CNF) e dos carboidratos fibrosos (CF) obtidos pelo modelo de Schofield et al. (1994) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio 83

Tabela 3: Degradabilidade *in vitro* da matéria seca após 96 horas de fermentação (DEIVMS), em porcentagem da matéria seca (MS), e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio 87

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1. Monômeros de lignina: I - Siringila, II - Guaiacila, III - *p*-Hidroxifenila. 26
- Figura 2. Modelo simplificado da via de biossíntese da lignina, em que a enzima OMT (O-metiltransferase) catalisa a adição de um grupo metil ao 5-hidroxi-coniferaldeído e a enzima CAD (cinamil álcool desidrogenase) catalisa a redução dos aldeídos *p*-cumaraldeído, coniferaldeído e sinapaldeído a seus respectivos álcoois no passo final da síntese dos monômeros da lignina. Mutantes *bm*₃ e *bmr*-12 apresentam deficiência da enzima OMT e mutantes *bm*₁ e *bmr*-6 apresentam deficiência da enzima CAD. 28

CAPÍTULO V

- Figura 1. Desenho esquemático do transdutor de pressão acoplado a seringa para medir a pressão e o volume de gases produzido (sem escala). 77
- Figura 2. Relação entre pressão e volume de 574 dados obtidos por meio da técnica *in vitro* de produção de gases. 80
- Figura 3. Cinética de produção de gases de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados em quatro idades de corte. Valores observados e preditos pelo modelo de Shofield et al. (1994) para carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos fibrosos (CF). 84
- Figura 4. Análise de resíduos dos valores de produção cumulativa de gases nos diferentes tempos de incubação (observado - predito) obtidos pelo modelo de Schofield et al. (1994) ajustado de acordo com híbrido e idade de corte. 85
-

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar as características agronômicas, o valor nutritivo, a cinética de fermentação *in vitro* e os efeitos da mutação *bmr* e da idade de corte sobre esses parâmetros nos híbridos de sorgo com capim-sudão BR 800, BRS 810 (*bmr*), BRS 802 e 156x2784 cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio. Os híbridos BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 são pares isogênicos que se diferenciam apenas pela presença da mutação *bmr-6* no primeiro. Em relação às características agronômicas, o híbrido BRS 802 se destacou por apresentar maior produtividade de matéria seca (PMS) e de matéria seca digestível (PMSD) ($P < 0,05$), enquanto o híbrido BR 800 se destacou por apresentar maior relação folha/colmo ($P < 0,05$). A mutação *bmr-6* provocou uma redução média de 25% na PMS e de 19% na PMSD ($P < 0,05$) e não alterou o *stand* de plantas e a relação folha/colmo ($P > 0,05$). Em relação ao valor nutritivo, o híbrido BR 800 destacou-se em relação aos demais híbridos convencionais por apresentar menores teores de FDA e lignina e maior digestibilidade *in vitro* da FDN ($P < 0,05$). A mutação *bmr-6* provocou aumento do valor nutritivo em função da redução dos teores de FDN, FDA e lignina e aumento do teor de proteína bruta e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da FDN ($P < 0,05$). Em relação à cinética de fermentação *in vitro*, a mutação *bmr-6* provocou aumento na produção cumulativa de gases após 72 e 96 horas de incubação nas idades de 61, 67 e 74 dias ($P < 0,05$), sendo que nas idades de 61 e 74 dias os híbridos que compõem o par isogênico apresentaram cinética de fermentação *in vitro* distintas ($P < 0,05$), caracterizadas principalmente por uma maior produção de gases da fração de carboidratos fibrosos pelo híbrido mutante em relação ao híbrido normal. A maior produtividade e o bom valor nutritivo apresentado pelos híbridos aos 74 dias indicam que eles podem ser utilizados nessa idade. O híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou, de uma forma geral, melhor valor nutritivo que seu par isogênico e que os demais híbridos convencionais e, embora tenha apresentado menor potencial produtivo que seu par isogênico, esse potencial foi semelhante ao dos outros híbridos convencionais. Nesse caso, a utilização da mutação *bmr* pode ser interessante, principalmente quando se busca maiores índices de produtividade por animal.

Palavras-chave: nervura marrom, potencial forrageiro, produção de gases, ruminantes, sorgo de corte e pastejo, valor nutritivo

Agronomic and nutritional evaluation of normal and bmr mutant sorghum x sudangrass hybrids cut at four ages

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the agronomic traits, nutritional value, *in vitro* fermentation kinetics and the effects of bmr mutation and cutting age on these parameters in four sorghum x sudangrass hybrids (BR 800, BRS 810 (bmr), BRS 802 and 156x2784) cut at 52, 61, 67 and 74 days after planting. The hybrids BRS 810 (bmr) and BRS 802 are isogenic pairs differing only by the presence of the bmr-6 mutation in the first one. Regarding the agronomic traits, the hybrid BRS 802 stood out due to its higher dry matter (DMY) and digestible dry matter (DDMY) yields ($P<0.05$), while the hybrid BR 800 stood out due to its higher leaf/stem ratio ($P<0.05$). The bmr-6 mutation caused an average reduction of 25% on DMY, 19% on DDMY ($P<0.05$) and did not affect plant stand and leaf/stem ratio ($P>0.05$). Regarding the nutritional value, the hybrid BR 800 stood out when compared to other conventional hybrids due to its lower levels of ADF and lignin and higher *in vitro* NDF digestibility ($P<0.05$). The bmr-6 mutation led to an increased nutritional value due to reductions in NDF, ADF and lignin levels and an increase in crude protein content and *in vitro* dry matter and NDF digestibility ($P<0.05$). Regarding the *in vitro* fermentation kinetics, at ages of 61, 67 and 74 days, the bmr-6 mutation caused an increase in cumulative gas production after an incubation time of 72 and 96 hours ($P<0.05$). At ages of 61 and 74 days the isogenic pair presented different *in vitro* fermentation kinetics ($P<0.05$) that were mainly characterized by higher gas production from the fibrous carbohydrates fraction by the mutant hybrid. The highest yield and good nutritional value presented by hybrids at 74 days indicate that they may be used at this age. The hybrid BRS 810 (bmr) showed higher nutritional value than its isogenic pair and other conventional hybrids and, although it presented lower yield potential than its isogenic pair, this potential was similar to that of other conventional hybrids. In this case, using the bmr-6 mutation can be interesting, especially when seeking for higher individual productivity rates.

Key-words: brown midrib, cutting or grazing sorghum, forage potential, gas production, nutritional value, ruminants

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da bovinocultura brasileira tem se destacado nos últimos anos, acompanhando o aumento das demandas interna e externa por proteína animal. O efetivo de bovinos em 2010 teve um aumento de 2,1% em relação a 2009 e foi de 209,5 milhões de cabeças (IBGE, 2010). O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, perdendo apenas para a Índia, e figura entre os maiores produtores e exportadores mundiais de carne bovina (USDA, 2012). A produção nacional de leite apresentou um aumento de 5,6% em volume no ano de 2010 em relação a 2009 e um aumento de 12% na produtividade por vaca no período de 2005 a 2010 (IBGE, 2010), sendo que o Brasil é o quinto maior produtor mundial de leite, com 31,7 milhões de toneladas produzidas em 2010, perdendo apenas para Estados Unidos, China, Índia e Rússia (FAO, 2012).

Apesar de apresentar números expressivos no cenário internacional, a pecuária nacional ainda é caracterizada por apresentar índices de produtividade considerados baixos. Como a maioria dos sistemas de produção de ruminantes no Brasil são baseados na utilização de pastagens como principal fonte de alimento, a estacionalidade da produção de forragem pode ser considerada como um fator que contribui com esses baixos índices. Entre as alternativas para equilibrar a oscilação anual na disponibilidade e na qualidade das pastagens e tornar o sistema mais sustentável do ponto de vista econômico, a utilização de híbridos de sorgo com capim-sudão tem merecido destaque, em função de características como facilidade de cultivo e de manejo para corte ou pastejo, rápido estabelecimento e crescimento, alta produtividade, bom valor nutritivo e tolerância à seca.

Plantas mutantes *bmr* (do inglês *brown midrib*, ou nervura central marrom) são caracterizadas por apresentar redução no conteúdo e alterações na composição da lignina, proporcionando uma maior digestibilidade da parede celular. Conhecida desde a década de 1920, essa mutação não foi introduzida nos bancos de germoplasmas comerciais até a década de 1990, em função do menor vigor e produtividade associados a ela. No entanto, existem evidências (Cherney et al. 1991; Casler et al., 2003) de que a expressão da mutação *bmr* é influenciada pelo ambiente e pelo restante do genótipo em que ela é expressada, justificando a importância de se testar os efeitos desses genes em linhagens e ambientes diversos.

O programa de melhoramento genético de plantas forrageiras desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo tem selecionado novos híbridos de sorgo com capim-sudão, incluindo genótipos portadores da mutação *bmr*, que devem ser avaliados para utilização na alimentação de ruminantes. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar e comparar os aspectos agrônômicos e o valor nutritivo de três híbridos de sorgo com capim-sudão normais e um mutante *bmr* submetidos ao corte em quatro idades.

O segundo capítulo é uma revisão de literatura que aborda, de forma geral, a utilização de híbridos de sorgo com capim-sudão e a mutação *bmr*. O terceiro capítulo descreve os aspectos

agronômicos dos híbridos avaliados e os capítulos quatro e cinco avaliam o valor nutritivo, por meio da composição química e digestibilidade *in vitro* no terceiro e da cinética de fermentação no quarto. O sexto capítulo apresenta considerações finais, integrando as informações mais relevantes obtidas nos capítulos anteriores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASLER, M. D.; PEDERSEN, J. F.; UNDERSANDER, D. J. Forage yield and economic losses associated with the brown-midrib trait in sudangrass. *Crop Science*, v.43, p.782–789, 2003.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R.; AKIN, D. E.; AXTELL, J. D. Potential of brown-midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Advanced Agronomy*, v.46, p.157–198, 1991.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção da pecuária municipal*. Rio de Janeiro, v. 38, p. 1-65, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/ppm2010.pdf>>. Acesso em: jun. 2012.

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

CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Híbridos de sorgo com capim-sudão

Características gerais

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma gramínea de origem africana e asiática que foi introduzida no Brasil no início do século XVII e vem sendo utilizada principalmente para produção de grãos e de forragem. É uma espécie anual ou perene de vida curta capaz de produzir em uma grande variedade de solos. É bastante resistente ao estresse hídrico, sendo que alguns cultivares desenvolvem-se com precipitações abaixo de 350 mm anuais. Morfológicamente o sorgo é caracterizado por apresentar hastes grossas e folhas largas, à semelhança do milho, e sua principal forma de utilização como forrageira é para produção de silagem. O capim-sudão (*Sorghum sudanense* Piper Stapf) é uma espécie originária do Sudão e sul do Egito que foi introduzida nos Estados Unidos em 1909 e logo em seguida trazida para o Brasil, Argentina e Uruguai. É uma planta de ciclo anual que também pode desenvolver-se em uma grande variedade de solos e em locais com baixa pluviosidade. Apresenta numerosos colmos eretos que podem atingir 2 a 3 m de altura e 3 a 9 mm de diâmetro, folhas longas (30 a 60 cm) e estreitas (8 a 15 mm), rápido crescimento, alta capacidade de perfilhamento e excelente recuperação após corte ou pastejo, permitindo utilizações sucessivas. Consequentemente, é mais adaptado para utilização na forma pastejo direto, corte verde e produção de feno (Araújo, 1972; Bogdan, 1977).

Híbridos de sorgo com capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), geralmente obtidos pelo cruzamento de uma linhagem macho de capim-sudão com uma linhagem fêmea de sorgo, apresentam características intermediárias entre as duas espécies parentais. Apresentam grande velocidade de estabelecimento e crescimento, alta capacidade de perfilhamento e rebrota após corte ou pastejo, facilidade e baixo custo de implantação, tolerância à seca, alto valor nutritivo e grande capacidade de produção de matéria seca (Rodrigues, 2000). Em relação às formas de utilização, Bogdan (1977) considera que os genótipos que mais se assemelham ao sorgo são mais adequados para corte e fornecimento verde e para a ensilagem, enquanto os mais próximos ao capim-sudão são mais indicados para o pastejo e para a fenação. No entanto, Rodrigues (2000) afirma que a fenação desse material é mais complexa, uma vez que o alto conteúdo de água no colmo dificulta a desidratação da planta até o ponto satisfatório e que a ensilagem não é recomendada, em função da baixa produção de grãos e do alto teor de umidade no ponto ideal de colheita. Dessa forma, considera que características como crescimento rápido e perfilhamento vigoroso e abundante tornem os híbridos de sorgo com capim-sudão uma forrageira especializada para o fornecimento verde (corte ou pastejo).

Plantio e produtividade

O plantio do híbrido de sorgo com capim-sudão é realizado por meio de sementes e o procedimento adotado pode ser em linhas ou a lanço. Para o plantio em linhas, com o objetivo de facilitar o corte mecanizado para fornecimento no cocho, recomenda-se o uso de 10 a 12 kg de sementes/ha, com espaçamento entre linhas de 0,30 a 0,60 m e população na colheita de 200 a 300 mil plantas/ha. Para o plantio a lanço, com o objetivo de se realizar pastejo ou cobertura morta, recomenda-se o uso de 20 a 30 kg de sementes/ha e uma população de 600 mil plantas/ha (Ribas, 2008).

A época de plantio exerce muita influência sobre a produtividade de forragem em decorrência de fatores climáticos, especialmente umidade, temperatura e luminosidade. Entretanto, procura-se aliar a época de plantio com a demanda de forragem. No Sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul, o sorgo de corte e pastejo pode ser semeado no início da primavera, no mês setembro, para ser utilizado durante o verão, enquanto forrageiras anuais apropriadas são utilizadas durante o inverno (Pereira et al., 1993). No Brasil Central, o plantio pode ser realizado no final da estação chuvosa, de forma que permita três cortes ou ciclos de pastejo nos meses que antecedem o inverno. Nesse caso, pode-se realizar plantio de sucessão, após a retirada de uma cultura precoce de verão. Para Silva (1988), a sucessão de culturas constitui uma prática agrícola que permite a utilização mais racional da terra, o aproveitamento da adubação residual da cultura anterior e a otimização no uso de equipamentos agrícolas. Alternativamente, o plantio pode ser feito no final do inverno e início da primavera, nos meses de agosto e setembro, para suprir a falta de forragem que ocorre no início do verão, quando já se esgotaram as reservas para a seca e as pastagens perenes ainda não se apresentam bem desenvolvidas (Zago, 1997). Nesse sentido, os híbridos de sorgo com capim-sudão não devem ser entendidos como uma solução forrageira única e concorrente de outras fontes de alimentos volumosos. Para sistemas de produção em regiões subtropicais, (Sul do Brasil) o sorgo de corte e pastejo complementa os pastos de verão, mas não substitui os pastos de inverno. No Sudeste e em todo o Brasil Central, deve ser encarado como uma solução complementar às pastagens tropicais perenes na transição águas/secas, e complementar às forragens conservadas ou cana-de-açúcar na transição secas/águas, de forma a prolongar o período de oferta de forragem de alto valor nutritivo na propriedade e reduzir o tempo de utilização de outros recursos forrageiros suplementares, como os já citados anteriormente (Lima et al., 2005)

A produtividade destes híbridos depende de condições climáticas adequadas e da fertilidade do solo. A combinação destes fatores é essencial para que a mesma expresse seu potencial, pois a ocorrência de deficiência hídrica influencia negativamente a produção de massa seca de forragem. Outro fator determinante da produtividade dessa cultura é o estágio de maturação no momento da colheita. As maiores produtividades são obtidas com cortes em estádios mais avançados de desenvolvimento, mas, embora ganhe-se em produção, perde-se em qualidade e aumentam-se as perdas por pisoteio animal, quando utilizado para pastejo (Bishnoi et al., 1993; Silveira et al., 1984; Simili et al., 2011). De acordo com Zago (1997), plantios efetuados em fevereiro têm proporcionado produções entre 9 e 12 toneladas de matéria seca

por hectare em três cortes sucessivos sem irrigação, o que equivale a uma produção de 40 a 60 toneladas de forragem fresca por hectare.

Tomich et al. (2004), trabalhando com 23 genótipos experimentais e dois cultivares controle de híbridos de sorgo com capim-sudão, plantados em outubro e colhidos 57 dias após o plantio, obtiveram produções de matéria verde variando de 24,4 a 37,8 t/ha e de matéria seca de 3,5 a 5,8 t/ha, em um único corte. Gontijo et al. (2008a), trabalhando com seis híbridos de sorgo com capim-sudão plantados no mês de agosto e submetidos a três cortes sucessivos (50 dias após o plantio, 26 e 27 dias de rebrota), obtiveram produções de matéria verde variando de 54,1 a 73,5 t/ha e de matéria seca de 6,9 a 9,1 t/ha, somando-se os três cortes. De acordo com os autores, esses resultados revelam o potencial desses híbridos para serem utilizados como alternativa para a produção de forragem no início do período chuvoso no Brasil Central.

Simili et al. (2011), avaliando um híbrido de sorgo com capim-sudão plantado em duas épocas (dezembro e março) empregando-se diferentes taxas de semeadura (12, 16 e 20 kg de sementes/ha) e espaçamentos entre linhas (0,40 e 0,80 m) e submetido ao pastejo em torno de 33 dias após o plantio, obtiveram produtividade de matéria seca média de 3,2 e 3,1 t/ha por ciclo nas duas épocas de plantio, respectivamente, sendo que essa variável não foi influenciada pela taxa de semeadura. Em relação ao espaçamento entre linhas, quando o plantio foi realizado em dezembro, o espaçamento de 0,40 m proporcionou maior produtividade de matéria seca (3,4 x 3,0 t/ha), embora a perda de forragem por pisoteio também tenha sido superior nesse espaçamento (891 x 639 kg de matéria seca/ha). Quando o plantio foi realizado em março, o espaçamento entre linhas não influenciou a produtividade nem a perda de forragem por pisoteio. Também Simili et al. (2010), avaliando a resposta à adubação potássica e nitrogenada de um híbrido de sorgo com capim-sudão plantado em março e submetido a 4 ciclos de pastejo, não observaram diferenças na produtividade de matéria seca, que foi de 11,2 t/ha, em função das diferentes doses de nitrogênio (100, 200 e 300 kg de nitrogênio/ha) e potássio (0, 80 e 160 kg de K₂O/ha) utilizadas. Os autores atribuíram a ausência de aumento da produtividade em função da dose de nutrientes à alta fertilidade original do solo, às condições climáticas vigentes na época do experimento (baixas temperaturas e precipitação) e ao fato do sorgo não ser cultura altamente exigente em fertilidade do solo.

Neumann et al. (2010), trabalhando com quatro híbridos de sorgo com capim-sudão submetidos ao corte 40, 75, 110 e 145 dias após o plantio observaram um comportamento quadrático para a produção de matéria seca, com pontos de máxima acumulação aos 77,0; 84,9; 94,1 e 94,2 dias, respectivamente para os híbridos AG2501C, XBS79001, BR 800 e P-855F. Uzun et al. (2009), avaliando oito híbridos de sorgo de corte e pastejo cortados em avançado estágio de maturação (109 a 136 dias após o plantio) obtiveram altas produtividades de matéria verde (variando de 42,7 a 97,4 t/ha) e de matéria seca (variando de 11,7 a 23,6 t/ha) em apenas um corte, o que se aproxima dos resultados obtidos por Sánchez et al. (2010) ao trabalharem com um híbrido de sorgo com capim-sudão submetido ao corte 106 dias após o plantio, que observaram produtividade de 14,8 t de matéria seca/ha em um único corte, muito embora o valor nutritivo da forragem produzida nesses dois casos tenha sido inferior ao

obtido quando planta é cortada ainda imatura. Kilcer et al. (2005) obtiveram diferentes produtividades quando um híbrido de sorgo com capim sudão foi manejado em diferentes alturas. Quando a altura média das plantas era de 0,81 m obteve-se, em três cortes sucessivos, 7,8 t de matéria seca/ha. Quando as plantas foram manejadas a uma altura média de 1,24 m foi possível realizar apenas dois cortes sucessivos durante a estação, devido ao maior intervalo necessário para atingir a maior altura, no entanto a produtividade total nos dois cortes foi superior, chegando a 11,8 t de matéria seca/ha. Esses autores ainda observaram que, apesar da queda da qualidade da forragem que ocorre com o aumento da produtividade, a produção de leite/ha predita apresentou uma alta correlação positiva com a produtividade de matéria seca.

Valor nutritivo e desempenho animal

Dentre os principais fatores que interferem na composição química e tem efeito direto sobre o valor nutritivo de uma forrageira é possível citar: o estágio de maturação, a época de corte, o nível de adubação, as características do solo, a proporção das partes da planta, a temperatura ambiental, a umidade e a luminosidade, bem como a interação entre esses fatores (Van Soest, 1994). De acordo com Rodrigues (2000), o valor nutritivo dos híbridos de sorgo para corte e pastejo tem pouca variação entre as diferentes cultivares encontradas no mercado. Entretanto, a época da colheita afeta diretamente a qualidade nutricional. O teor de proteína bruta (PB) da forragem diminui drasticamente à medida que a planta se desenvolve, o mesmo acontecendo com a digestibilidade, em função do aumento significativo das frações fibrosas.

Ademosum et al. (1968) avaliaram o valor nutritivo de um híbrido de sorgo com capim-sudão colhido em vários estádios de maturação. O primeiro corte foi realizado 52 dias após o plantio e os demais foram realizados em intervalos de três dias, até 85 dias após o plantio, totalizando 12 cortes. Nesse experimento, a altura das plantas variou de 0,86 a 2,28 m, o teor de PB variou de 19,6 a 10,3%, o teor de fibra em detergente ácido (FDA) variou de 29,9 a 37,8%, o teor de celulose variou de 24,6 a 34,5% e o teor de lignina variou de 2,6 a 4,5%, respectivamente para o primeiro e último corte. Esses autores ainda avaliaram o consumo e a digestibilidade, utilizando caprinos, do feno produzido com esse material ao longo dos 12 cortes. O consumo de matéria seca (MS) variou de 52,4 a 41,0 g/kg^{0,75}, o consumo de energia digestível variou de 156,9 a 103,4 kcal/kg^{0,75}, o coeficiente de digestibilidade da MS variou de 71,7 a 55,8%, o da PB variou de 77,4 a 61,6% e o da FDA variou de 60,1 a 47,2%, respectivamente para o primeiro e último corte.

Tomich et al. (2003), trabalhando com 25 híbridos de sorgo com capim-sudão colhidos 57 dias após o plantio, obtiveram teores de MS entre 13,8 e 17,7%, PB entre 11,3 e 14,2%, fibra em detergente neutro (FDN) entre 65,1 e 70,5%, FDA entre 37,4 e 41,9%, lignina entre 3,8 e 6,5% e degradabilidade *in vitro* da MS em 96 horas de incubação de 63,6 a 69,6%. Os valores de PB e degradabilidade *in vitro* encontrados nesse estudo estão acima dos frequentemente observados para outros recursos forrageiros utilizados como alternativa às pastagens, como as silagens de milho e sorgo, e de outras forrageiras utilizadas em regime de corte, como a cana-de-açúcar e o capim-elefante. Essa condição ressalta o potencial dos híbridos de sorgo com

capim-sudão como alternativa para produção de forragem durante os períodos de queda na qualidade das pastagens. Já Gontijo et al. (2008b) avaliaram seis híbridos de sorgo com capim-sudão em duas épocas de plantio e três cortes sucessivos e observaram valores médios de 57,0% para digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), 16,3% para PB, 54,8% para FDN e 31,0% para FDA. Lima et al. (2005) avaliaram doze híbridos em três cortes sucessivos e observaram valores médios para DIVMS de 70,7%, 61,3% e 69,5%, PB de 19,4%, 16,4% e 15,7%, FDN de 52,2%, 58,4% e 56,9%, FDA de 24,5%, 31,9% e 29,3%, e lignina de 3,8%, 6,1% e 5,4%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. De acordo com os autores, pode-se observar que os híbridos avaliados apresentaram elevado valor nutritivo em todos os cortes. No entanto, Uzun et al. (2009), avaliando híbridos de sorgo de corte e pastejo cortados em avançado estágio de maturação (109 a 136 dias após o plantio) observaram que, apesar de terem obtido altas produtividades, o valor nutritivo obtido foi baixo, exemplificado pelos baixos teores de PB (6,8 a 9,0%) e altos teores de FDN (66,0 a 74,9%) e FDA (40,2 a 48,3%), o que se aproxima dos resultados obtidos por Sánchez et al. (2010) ao trabalharem com um híbrido de sorgo com capim-sudão submetido ao corte 106 dias após o plantio, que observaram teores de PB de 7,5%, FDN de 64,6% e FDA de 45,6%. Esses resultados estão de acordo com o obtido por Edwards Jr. et al. (1971) e Worker Jr. (1973), que encontraram redução do valor nutritivo com o avanço do estágio de desenvolvimento da planta.

Cunningham e Ragland (1971) avaliaram a produção de leite de vacas da raça Holandês em avançado estágio de lactação em pastejo rotativo de capim-sudão ou seu híbrido com o sorgo (sorgo de corte e pastejo). Durante o ensaio, a composição média do híbrido de sorgo com capim-sudão, que foi manejado a uma altura média de 0,95 m, foi de 12,1 % de MS, 16,5% de PB e 25,9% de fibra bruta, e não foi diferente da composição do capim-sudão. As vacas receberam concentrado com 13,5% de PB na proporção concentrado : produção de leite de 1 : 2,75. A produção de leite foi avaliada em cinco períodos de 10 dias, e variou de 13,2 a 18,5 kg de leite corrigido para 4% de gordura/dia, sem diferença entre as duas pastagens testadas.

Simili (2007) avaliou a produção de leite no outono (nos meses de abril, maio e junho) de vacas mestiças de Gir e Holandês em pastejo rotativo de sorgo de corte e pastejo com e sem suplementação de 3 kg de concentrado por dia. As produções de leite foram de 15,1 e 18,3 kg/dia para as vacas sem e com suplementação, respectivamente. Restle et al. (2002) avaliaram o desempenho de novilhos Nelore, Charolês e F1 Nelore x Charolês recriados em pastagens de híbridos de sorgo com capim-sudão em sistema de pastejo contínuo com lotação variável nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, totalizando 98 dias. Durante o período experimental o sorgo de corte e pastejo apresentou, em média, 10,0% de PB e DIVMS igual a 54,6%. O ganho de peso médio diário apresentado pelos animais foi de 1,121 kg/dia em uma taxa de lotação média de 1389 kg de peso vivo/ha (3,1 UA/ha), o que permitiu um ganho de 570 kg de peso vivo/ha (19@/ha) durante o período avaliado. Esses resultados reforçam a viabilidade da utilização dos híbridos de sorgo com capim-sudão como fonte de forragem de alto valor nutritivo, inclusive no período de escassez de outros recursos forrageiros.

Glicosídeos cianogênicos

De acordo com Wheeler e Mulcahy (1989), todas as espécies do gênero *Sorghum* podem conter substâncias capazes de liberar ácido cianídrico (HCN). No caso dos sorgos essa substância, conhecida como durrina, é um glicosídeo cianogênico presente nas células epiteliais que libera HCN quando em contato com a enzima β -glicosidase, presente nas células do mesófilo. Não existe HCN livre nas células do sorgo, por isso a habilidade da planta em liberar HCN deve ser referida como HCN potencial (HCNp). Não se sabe qual a função do glicosídeo cianogênico para a planta do sorgo, nem mesmo se ele faz parte do seu metabolismo primário ou se é um metabólito secundário, desenvolvido para defesa da planta contra pragas e doenças. O HCN, quando absorvido, provoca inibição da respiração celular por meio de inibição da enzima citocromo oxidase no último passo da fosforilação oxidativa, tornando as células incapazes de utilizar o oxigênio. Os sinais de intoxicação incluem dispnéia, excitação, convulsões, paralisia e morte, que pode ocorrer de 15 minutos até duas horas após a ingestão (Mayland e Cheeke, 1995).

Nos híbridos de sorgo com capim-sudão, Gillingham et al. (1969), Wheeler (1980) e Wheeler et al. (1990) observaram que as concentrações de glicosídeos cianogênicos foram significativamente influenciadas pela adubação, pelo genótipo, pela altura das plantas e pelas condições ambientais, citando como fatores que certamente são capazes de aumentar os teores de HCNp: a alta disponibilidade de nitrogênio (adubação nitrogenada), o suprimento inadequado de fósforo, a restrição hídrica, algum tipo de injúria, como por exemplo geadas, e práticas de manejo que resultem em altas proporções de folha em relação ao colmo. Ainda nesse sentido, de acordo com Zago (1997), a maturação da planta está associada ao declínio do teor de HCNp, em função do aumento proporcional das frações da planta com baixos teores de HCNp (nervuras, bainhas, colmos) em relação às partes com teores mais elevados (lâminas foliares).

Embora os teores elevados de glicosídeos cianogênicos possam acarretar, em situações específicas, em problemas de intoxicação em animais consumindo híbridos de sorgo com capim-sudão, segundo Zago (1997) e Rodrigues (2000), geralmente o fornecimento dessa forragem não oferece nenhum risco de intoxicação quando as plantas alcançam 0,60 m de altura ou mais. No entanto esses autores recomendam, como práticas que visam à prevenção de casos de intoxicação, utilizar as plantas com altura acima de 1,0 m, realizar um processo de adaptação dos animais com fornecimento em níveis crescentes, retardar a utilização de lavouras que tenham sido danificadas por granizo, geada, herbicida ou estresse hídrico até que as plantas tenham se recuperado da injúria sofrida e evitar o fornecimento a animais muito jovens ou que tenham passado por restrição alimentar.

2.2 As ligninas e a mutação *bmr*

Atualmente é grande o interesse por soluções que visam garantir a sustentabilidade das atividades agropecuárias e reduzir a dependência de petróleo como fonte energética. A produção de biomassa vegetal é um ponto em comum entre essas duas metas. Um

componente universal dos vegetais, e o segundo polímero mais abundante do planeta (perdendo apenas para a celulose) é a lignina. O aproveitamento das forragens presentes nas dietas de ruminantes ou utilizadas como fonte de biomassa para a conversão biológica em combustíveis é limitado pela quantidade de lignina presente na forragem, portanto, é grande o interesse em aumentar a disponibilidade de energia dessa fonte, sendo que uma das formas mais efetivas de se alcançar esse aumento é por meio da redução ou alteração do seu conteúdo de lignina. A mutação *bmr* é uma das formas de se alterar a qualidade e a quantidade de lignina de forma a favorecer esse processo (Cherney et al., 1991).

A parede celular vegetal consiste em um complexo *pool* de polissacarídeos composto principalmente por microfibrilas de celulose (polímero de moléculas de glicose unidas por ligações β -1,4) interligadas por ligações de hidrogênio e conectadas por uma rede de hemiceluloses cuja estrutura e composição são espécie dependentes e, nas gramíneas, os principais constituintes são as glucuronoarabinoxilanas. A lignina, um polímero heterogêneo, hidrofóbico, ramificado e derivado de precursores aromáticos, realiza ligações covalentes cruzadas do tipo éter e éster entre esses polissacarídeos, enrijecendo e reforçando a estrutura da parede celular vegetal, sendo que a adição de polímeros de lignina à matriz de polissacarídeos cria uma barreira que é resistente à ação física, química e microbiana (Sticklen, 2008).

O polímero de lignina é derivado da via dos fenilpropanóides, assim como outros compostos fenólicos como os taninos e flavonóides, e contém, basicamente, três tipos de unidades monoméricas: *p*-hidroxifenila (H), guaiacila (G) e siringila (S), que se encontram em diferentes proporções de acordo com o tecido vegetal de origem e com o estágio de maturação do mesmo (Dixon et al., 2001; Saliba, 1998). Como pode ser observado na Figura 1, a diferença entre os monômeros dá-se pela presença de um grupo metóxi (-O-CH₃) nos carbonos três e cinco do anel aromático na unidade S, apenas no carbono três na unidade G e ausência desse grupo no monômero H. Com algumas exceções, a lignina das gimnospermas é constituída apenas pela unidade G, a das angiospermas dicotiledôneas, como por exemplo as leguminosas, pelas unidades G e S e a das gramíneas pelas unidades G, S e uma pequena quantidade da unidade H (Vanholme et al., 2010). O monômero G é capaz de realizar uma série de ligações éter (β -O-4; α -O-4; β -5; 4-O-5; β - β e 5-5) entre cada unidade, formando uma estrutura em rede, enquanto o monômero S realiza apenas ligações éter do tipo β -O-4 entre cada unidade, formando uma estrutura linear (Ralph et al., 2004).

Existem evidências de que a proporção relativa das unidades S e G no polímero de lignina correlaciona-se com a degradabilidade da parede celular (Reeves, 1985; Buxton e Russel, 1988; Jung e Casler, 1991) uma vez que, em função da possibilidade de realização de um maior número de ligações, a presença do monômero G confere ao polímero uma estrutura mais condensada (Kishimoto et al., 2010). Portanto, era de se esperar que seu efeito inibitório sobre a degradabilidade da parede celular fosse mais acentuado, mas a estrutura ramificada do monômero G faz com que ele tenha menor capacidade de penetração na parede celular vegetal secundária em relação ao monômero S, apresentando menor impacto negativo sobre a degradabilidade (Jung e Deetz, 1993).

Estudos com forragens em diferentes estádios de maturação indicam mudanças na razão de monômeros siringila/guaiacila ao longo do avanço da maturidade em algumas espécies (Buxton e Russel, 1988), o que pode estar relacionado com o declínio no valor nutritivo das forragens com a maturação. Além dos polímeros de lignina, as gramíneas contém quantidades significativas dos ácidos hidroxicinâmicos *p*-cumárico e ferrúlico, que podem realizar ligações cruzadas do tipo éter e éster entre alguns polissacarídeos da parede celular e entre esses polissacarídeos e os polímeros de lignina, aumentando a resistência dessas estruturas à degradação enzimática (Grabber, 2005; Boerjan et al., 2003). Lapierre (1993) classifica o polímero de lignina propriamente dito como lignina *core* e os ácidos hidroxicinâmicos como lignina não *core*, em função de suas susceptibilidades relativas à hidrólise.

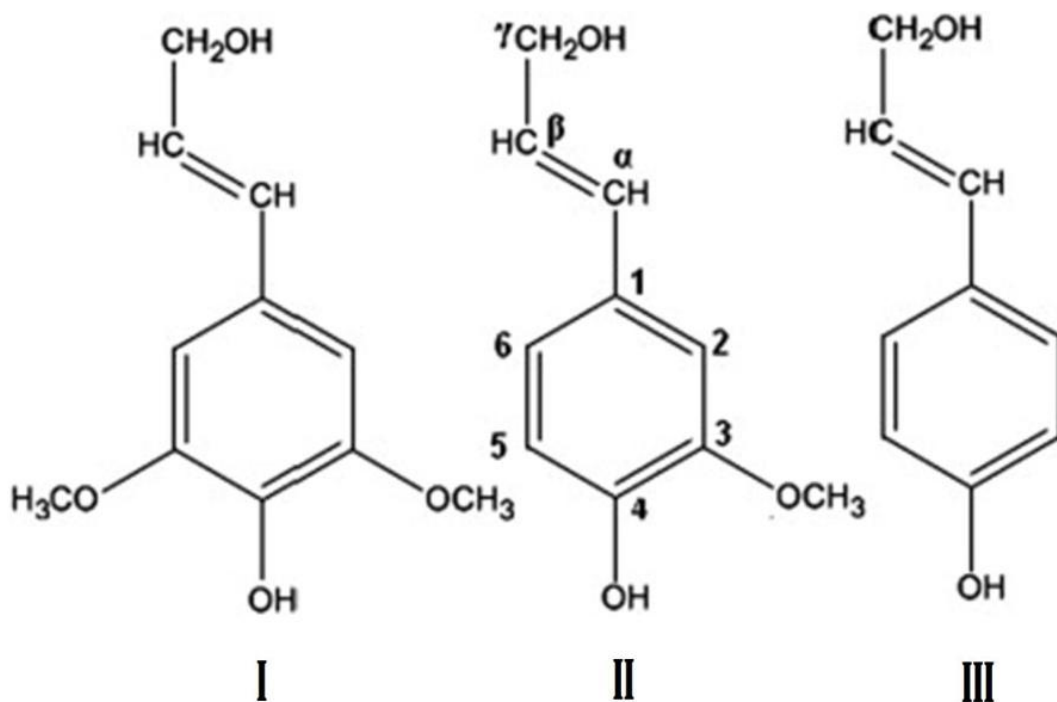


Figura 1 - Monômeros de lignina: I - Siringila, II - Guaiacila, III - *p*-Hidroxifenila. Adaptado de Bose et al. (2009).

A lignina bloqueia a liberação de açúcares do *pool* de polissacarídeos da parede celular, apresenta ação inibitória sobre micro-organismos que fermentam esses açúcares a combustíveis ou a metabólitos utilizados por ruminantes como fonte de energia e aderem a enzimas hidrolíticas. Os processos de biossíntese da lignina, sua estrutura e função há muito são objeto de estudos que visam aumentar a digestibilidade da parede celular (Jung et al., 1999) e, mais recentemente, a manipulação da lignina se tornou alvo importante para o desenvolvimento de tecnologias associadas à produção de biocombustíveis derivados de biomassa vegetal (Chen e Dixon, 2007; Li et al., 2008).

A mutação *bmr* foi primeiro observada em 1924 em Saint Paul, Minnesota, Estados Unidos e ocorreu de forma espontânea em uma planta de milho (*Zea mays* L.) (Jorgenson, 1931). Esse

autor notou que as plantas mutantes apresentavam menor conteúdo de lignina em relação a seus pares isogênicos convencionais. Uma característica fenotípica causada por essa mutação é a pigmentação de coloração vermelho amarronzada que é particularmente visível na nervura central das folhas e também nos colmos, na medida em que se tornam mais lignificados. A pigmentação está associada à lignina, persistindo no resíduo da parede celular após remoção da celulose e das hemiceluloses (Cherney et al., 1991).

Desde então foram realizadas tentativas de se obter plantas mutantes *bmr* de forma artificial no milho e em outras espécies. De acordo com Cherney et al. (1991), quatro *loci* distintos relacionados à mutação *bmr* foram identificados no milho e chamados de *bm*₁, *bm*₂, *bm*₃ e *bm*₄, sendo o *bm*₁ referente ao primeiro *locus*, descrito por Jorgenson (1931). Porter et al. (1978) utilizaram tratamento químico com dietil sulfato em sementes de sorgo e produziram 19 fenótipos com a mutação *bmr*. Dentre eles foram selecionados três fenótipos promissores (*bmr-6*, *bmr-12* e *bmr-18*) que posteriormente foram utilizados em cruzamentos com capim-sudão, gerando híbridos interespecíficos mutantes logo na primeira geração (Fritz et al., 1981). Em 1985 e 1986, por meio de tratamento químico de sementes com etil-metil sulfonato e dietil sulfato, Cherney et al. (1988) obtiveram uma linhagem de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) Leake) mutante *bmr* e, desde então, essa mutação não foi observada em outras espécies (Sattler et al., 2010).

Diversos trabalhos têm demonstrado que os genes responsáveis pela mutação *bmr* atuam reduzindo a atividade de enzimas que participam do processo de biossíntese das ligninas (Halpin et al., 1998; Provan et al., 1997; Sattler et al., 2009). Até o momento já foram identificados os genes correspondentes a quatro *loci* dos já mencionados anteriormente, sendo eles o *bm*₁, o *bm*₃, o *bmr-6* e o *bmr-12* (Sattler et al., 2010).

Os *loci* *bm*₃ e *bmr-12*, respectivamente presentes nas plantas de milho e sorgo, são responsáveis por uma deficiência da enzima OMT (O-metiltransferase). Essa enzima catalisa a transferência de um grupo metil ao 5-hidroxi-coniferaldeído, formando o sinapaldeído, nos passos finais da síntese de lignina (Figura 2). Como consequências da inibição dessa enzima, a composição monomérica da lignina apresenta-se com uma drástica redução do monômero siringila, enquanto os monômeros *p*-hidroxifenila e guaiacila apresentam apenas uma redução moderada, levando a uma redução do conteúdo total de lignina e da relação siringila/guaiacila (Provan et al., 1997). O conteúdo de ácido *p*-cumárico e de ferrulatos com ligação éter também é reduzido e, além disso, um novo monômero, o 5-hidroxi-guaiacila, resultante do acúmulo de 5-hidroxi-coniferil álcool devido à redução da atividade da enzima OMT, apresenta-se em concentrações elevadas (Sattler et al., 2010).

Os *loci* *bm*₁ e *bmr-6*, respectivamente presentes nas plantas de milho e sorgo, são responsáveis por uma deficiência da enzima CAD (cinamil álcool desidrogenase). Essa enzima catalisa a redução dos aldeídos (*p*-cumaraldeído, coniferaldeído e sinapaldeído) a seus respectivos alcoóis (*p*-cumaril, coniferil e sinapil), logo antes da incorporação desses compostos ao polímero de lignina (Figura 2). Como consequências da deficiência dessa enzima, a concentração total de lignina e de todos os seus monômeros (*p*-hidroxifenila,

guaiacila e siringila) é reduzida e ocorre incorporação dos aldeídos coniferaldeído e sinapaldeído no polímero de lignina em substituição aos seus alcoóis correspondentes, o que é responsável pela pigmentação amarronzada nos tecidos lignificados (Sattler et al., 2010).

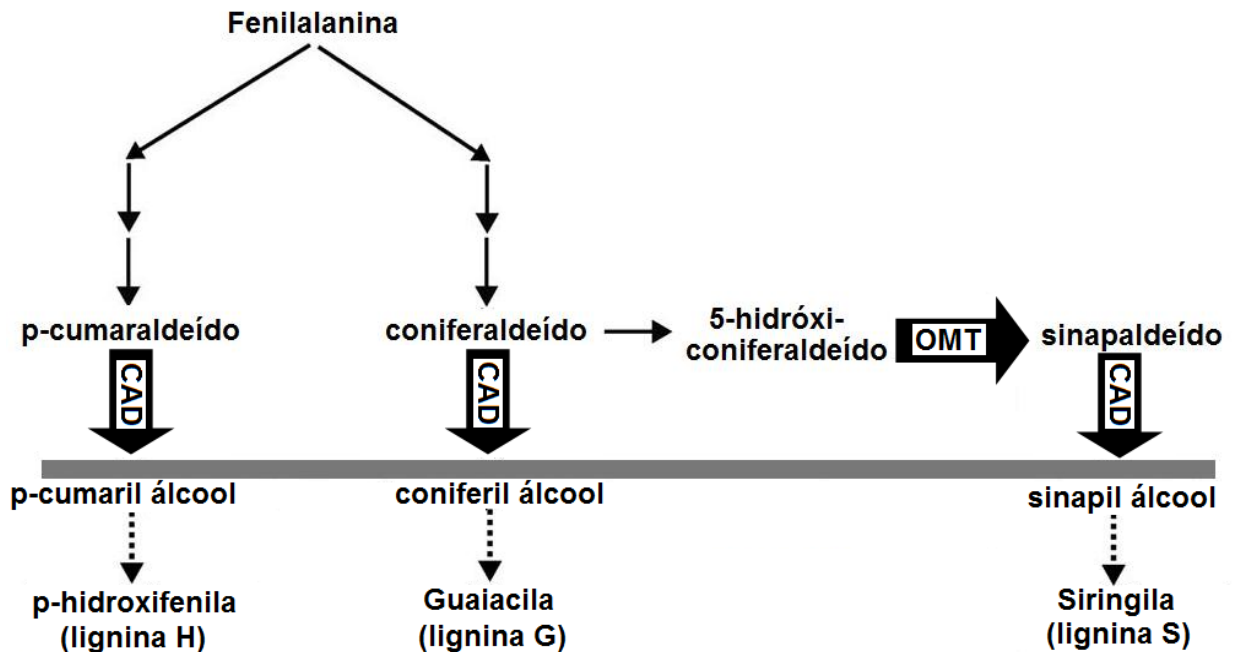


Figura 2: Modelo simplificado da via de biossíntese da lignina evidenciando as enzimas OMT (O-metiltransferase), que catalisa a adição de um grupo metil ao 5-hidroxi-coniferaldeído e a enzima CAD (cinamil álcool desidrogenase), que catalisa a redução dos aldeídos *p*-cumaraldeído, coniferaldeído e sinapaldeído a seus respectivos álcoois no passo final da síntese dos monômeros da lignina. Mutantes *bm₃* e *bmr-12* apresentam deficiência da enzima OMT e mutantes *bm₁* e *bmr-6* apresentam deficiência da enzima CAD. Fonte: adaptado de Sattler et al. (2010).

Com os avanços das biotecnologias associadas à manipulação genética, a elucidação parcial da complexa via de biossíntese das ligninas, as informações obtidas a partir de materiais mutantes *bmr* e a crescente demanda por fontes alternativas de energia renovável, vários esforços têm sido destinados ao desenvolvimento de plantas transgênicas, visando regular os genes das enzimas chave da via biossintética da lignina e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de aproveitamento da energia contida nos carboidratos estruturais dos vegetais, seja para a produção de etanol, seja para a produção de carne, leite, etc. Isso tem permitido abranger o que ocorre nos vegetais mutantes *bmr* para outras espécies e também para outras enzimas, multiplicando as possibilidades de obtenção de materiais mais apropriados para produção de etanol e para a nutrição de ruminantes.

A exemplo disso, Guo et al. (2001) introduziram na alfafa (*Medicago sativa*) o gene que codifica a redução da atividade da enzima OMT (assim como ocorre nas plantas mutantes *bm₃* e *bmr-12*) e observaram redução no teor de lignina total e quase eliminação do monômero

siringila, ao passo que a introdução do gene que codifica a redução de uma outra enzima, a cafeoil-CoA O-metiltransferase (CCOMT), provocou redução no teor de lignina total sem alteração da proporção entre os seus monômeros. Quando avaliaram a degradabilidade ruminal *in situ* dessas plantas, ambas levaram a um aumento desse parâmetro, embora a deficiência da enzima CCOMT tenha provocado um aumento maior. Em outro estudo semelhante, Baucher et al. (1999) introduziram em algumas linhagens de alfafa o gene que codifica a redução da atividade da enzima CAD (assim como ocorre nas plantas mutantes *bm₁* e *bmr-6*) e observaram, em algumas linhagens produzidas, pigmentação amarronzada, menores quantidades dos monômeros S e G e maiores degradabilidades *in situ* da matéria seca e da parede celular.

Trabalhando com a espécie *Festuca arundinacea*, gramínea C3 perene predominante na América do Norte, Chen et al. (2003) utilizaram a transgenia para gerar 19 plantas com deficiência da enzima CAD. Dentre elas, duas se destacaram por apresentar menores teores de lignina total e dos monômeros S e G, menores relações S/G e digestibilidades *in vitro* da matéria seca superiores em até 9,5 unidades percentuais em relação às plantas controle. Nesse estudo os autores também avaliaram algumas características agronômicas (altura das plantas, hábito de crescimento, dias para a floração, número de perfilhos e produção de sementes) e não observaram diferenças entre as plantas normais e transgênicas. Esse foi o primeiro trabalho realizado em que a transgenia foi utilizada para alterar o conteúdo de lignina e aumentar o valor nutritivo de uma gramínea utilizada em larga escala.

No milho a transgenia também já foi utilizada com sucesso para promover a inibição da enzima OMT, resultando em uma redução de até 31% no teor de lignina e em um aumento de 7,4% na digestibilidade *in vitro* do colmo, sendo que não foram observadas diferenças no rendimento de matéria seca entre plantas normais e transgênicas, que foram cultivadas em vasos (He et al., 2003). A inibição da enzima CAD nessa espécie resultou em alterações na composição da sua lignina (redução do monômero S e aumento dos monômeros G e H) sem alteração do teor de lignina total. As plantas transgênicas apresentaram uma maior digestibilidade *in vitro* e também um maior rendimento de etanol por kg de matéria seca (171,4 x 158,8 g/kg de matéria seca) e por m² (98,6 x 65,1 g/m²), sem alterações evidentes no desenvolvimento das plantas (Fornalé et al., 2012). Os dois autores evidenciaram a importância desses resultados obtidos em forrageiras tropicais, que geralmente apresentam menor valor nutritivo em relação a forrageiras temperadas.

Outra espécie utilizada para a alimentação de ruminantes que tem atraído o interesse para a produção de etanol, principalmente em função da alta produtividade, rusticidade e pelo fato de ser perene é o *Panicum virgatum*, uma gramínea C4 conhecida como *switchgrass*. A redução da atividade da enzima OMT nessa espécie, obtida por meio de transgenia, provocou redução no teor de lignina e na relação S/G, o que resultou em um aumento de até 38% no rendimento de etanol dessa cultura (Fu et al., 2011a). Da mesma forma, a atividade da enzima CAD também foi inibida nessa espécie, provocando alterações quantitativas e qualitativas na lignina e levando a um aumento de até 59% na liberação de açúcares do *pool* de

polissacarídeos da parede celular e de até 21% na sua digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Fu et al., 2011b).

Esses resultados demonstram o grande potencial da utilização da transgenia no desenvolvimento de materiais de alta digestibilidade, no entanto são necessários estudos em maior escala, envolvendo desempenho animal e avaliações dos efeitos das alterações quantitativas e qualitativas da lignina sobre aspectos agronômicos, como a produtividade e a persistência das plantas. A utilização dessas tecnologias em gramíneas tropicais pode contribuir de forma significativa com nossos sistemas de produção, já que a maioria deles é baseada na utilização desse recurso forrageiro como a principal fonte de alimentação.

2.3 Alterações agronômicas nos mutantes *bmr*

As melhorias significativas na digestibilidade resultantes das alterações no conteúdo e composição monomérica da lignina são muitas vezes acompanhadas por alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas. Vários trabalhos conduzidos com o objetivo de avaliar essas alterações em plantas de milho mutantes obtiveram menores rendimentos de grão (em média 20%) e de forragem (em média 16%), bem como menor resistência ao esmagamento e peso médio de seção do colmo, indicando maior susceptibilidade ao acamamento (Cherney et al., 1991). Por esse motivo, a utilização comercial de plantas mutantes *bmr* foi bastante limitada até os anos 1990.

Acredita-se que os efeitos da mutação *bmr* sobre a produtividade do sorgo sejam semelhantes aqueles encontrados no milho, apesar de que poucos trabalhos comparando o rendimento de linhagens isogênicas normais e mutantes tenham sido publicados (Sattler et al., 2010). Oliver et al. (2005) avaliaram o efeito da introdução dos genes *bmr-6* e *bmr-12* em algumas características agronômicas do sorgo. A altura das plantas foi influenciada significativamente pelos genes *bmr*, sendo que o híbrido normal apresentou maior altura que o mutante *bmr-12*, que apresentou altura superior ao mutante *bmr-6*. Nesse experimento o acamamento de plantas não foi afetado pela introdução dos genes *bmr*. A produtividade de MS foi afetada pela mutação *bmr*, sendo que o híbrido normal foi 10% mais produtivo que o mutante *bmr-12* e 15% mais produtivo que o mutante *bmr-6*. A produtividade variou de 10,1 t de MS/ha para o mutante *bmr-6* a 15,9 t de MS/ha para o híbrido normal. De acordo com esses autores, os genes *bmr* geralmente estão associados a características agronômicas negativas, mas não são expressos de forma uniforme. Nesse caso, o gene *bmr-12* causou menos impacto negativo nas características agronômicas em relação ao gene *bmr-6*.

Beck et al. (2007) avaliaram a altura das plantas e a produtividade de dois híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *bmr* (Nutriplus *bmr* e Dry-Stalk *bmr*) em comparação com um híbrido normal (Sweet Sunny Sue), em várias idades de corte (34, 41, 48, 55 e 63 dias). O híbrido normal apresentou maior altura em relação aos híbridos mutantes em todas as idades de corte. Aos 34 dias os híbridos apresentaram produtividades semelhantes (1,44 t de MS/ha, em média) e aos 41 dias o híbrido normal apresentou maior produtividade (3,45 t de MS/ha) em relação aos mutantes (2,27 t de MS/ha, em média). Aos 48 dias o híbrido Dry-Stalk *bmr*

apresentou maior produtividade (5,37 t de MS/ha) que o híbrido Nutriplus *bmr* (4,27 t de MS/ha) e o híbrido Sweet Sunny Sue apresentou valor semelhante aos outros dois (4,48 t de MS/ha). Aos 55 dias os híbridos mutantes apresentaram produtividades semelhantes, mas o híbrido normal foi superior ao mutante Nutriplus *bmr*. Aos 63 dias os híbridos mutantes apresentaram produtividades semelhantes, mas o híbrido normal foi superior ao mutante Dry-Stalk *bmr*. Apesar desse experimento não ter comparado pares isogênicos, ele mostra que híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *bmr* podem apresentar um potencial produtivo semelhante ao de híbridos normais, de outras linhagens.

Casler et al. (2003) avaliaram, dentre outras características, o desempenho produtivo dos cultivares de capim-sudão Piper e Greenleaf normais e de seus pares isogênicos mutantes *bmr-6*, em dois cortes sucessivos e em dois locais e anos diferentes. De uma forma geral, no primeiro corte as plantas mutantes apresentaram produtividade de matéria seca 15% inferior a das plantas normais, já no segundo corte essa diferença aumentou para 30%. Entretanto, as alterações na produtividade não ocorreram de forma uniforme nas duas localidades onde foi realizado o experimento, sendo que em uma delas a produtividade do cultivar Greenleaf no primeiro corte foi igual para as plantas normais e mutantes. De acordo com os autores essa instabilidade ambiental sugere que o *locus bmr-6* é sensível a fatores ambientais ou está ligado ou interagindo com outros *loci* que são controlados por alelos sensíveis a fatores ambientais. Isso corrobora com a colocação de Cherney et al. (1991) de que a expressão das mutações *bmr* são frequentemente modificadas pelo ambiente e pela linhagem de células em que são expressadas e justifica a importância de se testar os efeitos desses genes em ambientes diversos.

2.4 Valor nutritivo e desempenho animal utilizando mutantes *bmr*

Casler et al. (2003) avaliaram o valor nutritivo de dois cultivares de capim-sudão mutantes *bmr-6* e de seus pares isogênicos normais em dois cortes sucessivos e observaram redução média de 3,2%, 4,4% e 12,3% nos teores de FDN, FDA e lignina, respectivamente, e um aumento de 7,2% na digestibilidade *in vitro* da FDN. Oba e Allen (2000) obtiveram menores teores de FDN (42,9% x 41,4%), FDA (22,4% x 20,2%) e lignina (2,0% x 1,3%) e maiores digestibilidades *in vitro* da MS (78,2% x 83,3%) e da FDN (46,5% x 55,9%) no milho mutante *bm₃* em relação ao seu par isogênico normal. Ebling e Kung Jr. (2004) compararam o valor nutritivo das silagens de milho normal e mutante *bmr*. Em relação ao teor de PB, a silagem do híbrido *bmr* foi superior ao híbrido normal (8,37% x 6,19%). Não foram observadas diferenças nos teores de FDN e FDA, porém o material mutante apresentou uma redução de 65% no teor de lignina em comparação ao híbrido normal. Essa menor concentração de lignina proporcionou uma maior degradação *in situ* da FDN, que foi de 54% para o híbrido mutante e de 39% para o híbrido normal.

Geis et al. (2010) realizaram um ensaio comparando um par isogênico de sorgo granífero, normal e mutante *bmr*, em relação à produtividade de grãos e o desempenho de novilhos pastejando o resíduo da cultura. A produtividade de grãos dos dois híbridos foi semelhante, enquanto o ganho de peso médio diário dos animais pastejando o resíduo do sorgo *bmr* (0,630

kg) foi 35% superior ao dos animais pastejando o resíduo do sorgo convencional (0,467 kg). Não foram observadas diferenças nos teores de FDN das folhas e dos colmos dos dois híbridos, embora as digestibilidades *in vitro* da FDN dessas partes da planta tenham sido 20 e 31% superior no híbrido mutante *bmr* em relação ao seu par isogênico normal, respectivamente, e a isso foi atribuído o melhor desempenho animal obtido com o híbrido mutante.

Grant et al. (1995) avaliaram a utilização de um híbrido de sorgo mutante *bmr* ou normal nas dietas de vacas em lactação. O híbrido mutante apresentou maior degradabilidade *in situ* e *in vitro* da FDN e resultou em um aumento de 24% no consumo de matéria seca (20,4 x 25,3 kg de MS/dia) e de 46% na produção de leite corrigido para 4% de gordura (17,9 x 26,2 kg/dia). Com o objetivo de testar o efeito do aumento da digestibilidade da FDN no desempenho produtivo de vacas de alta produção, Oba e Allen (1999a) forneceram para vacas em início e meio de lactação dietas contendo silagem de milho mutante *bmr* (*bm₃*) ou de seu par isogênico convencional. A silagem de milho mutante *bm₃* apresentou menor teor de lignina (1,7 x 2,5%) e maior degradabilidade *in vitro* da FDN (49,1 x 39,4%) em relação à silagem convencional, o que proporcionou maior consumo de MS e de FDN. De acordo com os autores, as vacas ingeriram maior quantidade de FDN porque esse nutriente foi degradado mais rapidamente no rúmen, o que permitiu um menor tempo de *turnover* da digesta e, conseqüentemente, maior consumo de nutrientes. Em função do maior consumo de energia, as vacas alimentadas com a dieta contendo silagem de milho *bm₃* apresentaram maior produção de leite corrigido para sólidos (37,8 x 35,1 kg/dia) e balanço de energia (2,8 x 0,7 Mcal de energia líquida para lactação/dia) em relação às vacas alimentadas com a dieta contendo silagem de milho convencional.

Oliver et al. (2004) conduziram um experimento em que foram avaliados o valor nutritivo das silagens de sorgos mutantes (*bmr-6* e *bmr-18*) em comparação a silagens de sorgo normal e de milho. A silagem de sorgo convencional apresentou maiores teores de lignina, FDA e FDN em relação às silagens de sorgos mutantes. A silagem de milho apresentou menor teor de lignina e maior teor de PB que as silagens de sorgo. As silagens dos sorgos mutantes e a silagem de milho apresentaram valores de digestibilidade *in situ* da FDN em 48 horas e taxa fracional de digestão da FDN semelhantes (60,8% e 0,036%/h em média, respectivamente) e superiores à silagem de sorgo convencional (56,4% e 0,023%/h, respectivamente). Em ensaio de digestibilidade aparente as silagens dos sorgos mutantes e a silagem de milho apresentaram valores de digestibilidade aparente da MS semelhantes (64,3%, em média) e superiores à silagem de sorgo convencional (52,5%). Em relação à digestibilidade aparente da FDN, a silagem do sorgo *bmr-6* e a silagem de milho apresentaram valores semelhantes (54,3%, em média), a silagem do sorgo *bmr-18* apresentou valor intermediário (47,9%) e a silagem de sorgo convencional apresentou a menor digestibilidade aparente da FDN (40,8%). Quando essas silagens foram fornecidas para vacas em lactação, em uma dieta contendo 50% de volumoso, houve efeito significativo da silagem sobre a produção de leite. A produção de leite corrigida para 4% de gordura das vacas alimentadas com a silagem do sorgo mutante *bmr-6* e com a silagem de milho apresentaram valores semelhantes (33,5 kg/dia, em média) e superiores a produção das vacas alimentadas com a silagem de sorgo convencional (29,1

kg/dia). Já as vacas alimentadas com a silagem do sorgo mutante *bmr*-18 apresentaram produção de leite intermediária (31,2 kg/dia), mas semelhante aos demais tratamentos. De uma forma geral, silagens de sorgo convencionais apresentam menor consumo e digestibilidade em relação às silagens de milho e, conseqüentemente, reduzem a produção de leite. Os dados obtidos nesse experimento mostram que a utilização de cultivares mutantes *bmr* permite a substituição da silagem de milho pela silagem de sorgo, cultura mais rústica e tolerante às adversidades climáticas, sem afetar a produção de leite.

Dann et al. (2008) compararam o desempenho produtivo de vacas em lactação alimentadas com silagem de milho ou com silagem de um híbrido de sorgo com capim-sudão mutante *bmr*, presentes em 35% ou 45% da dieta. As vacas alimentadas com silagem de híbrido de sorgo com capim-sudão apresentaram menor consumo de MS, provavelmente devido ao maior teor de FDN das dietas. Não foram observadas diferenças para a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura entre os tratamentos, que foi de 29,6 kg/dia, em média. As vacas alimentadas com a silagem de sorgo de corte e pastejo apresentaram maior eficiência de produção de leite (1,57 kg de leite produzido/kg de MS consumida) em relação às vacas alimentadas com silagem de milho (1,29 kg de leite produzido/kg de MS consumida). Esse experimento mostra o potencial que os híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *bmr* tem para substituírem a silagem de milho em dietas de vacas com produção leiteira média de 30 kg/dia.

A observação mais frequente e consistente nas plantas mutantes *bmr* é a redução dos teores de lignina e o aumento na digestibilidade da FDN. De acordo com Oba e Allen (1999a), a digestibilidade da FDN é um parâmetro muito importante na avaliação da qualidade das forragens. A fração fibrosa dos alimentos é fermentada lentamente e é retida no rúmen por mais tempo que as frações não fibrosas, causando o efeito de enchimento ruminal. Como esse efeito frequentemente limita o consumo de MS, um desaparecimento mais rápido da FDN, em função de uma maior taxa de degradação ou de passagem dessa fração, reduz o efeito de enchimento ruminal e possibilita um maior consumo voluntário. Além disso, uma fração fibrosa mais digestível aumenta a densidade energética da dieta e a produção de proteína microbiana. De acordo com dados publicados por esses autores em outro trabalho, um aumento na digestibilidade da FDN em uma unidade percentual resulta em um aumento potencial do consumo de matéria seca em 0,17 kg/dia e da produção de leite corrigido para 4% de gordura em 0,25 kg/dia (Oba e Allen, 1999b).

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEMOSUM, A.A., BAUMGARDT, B.R., SCHOLL, J.M. Evaluation of a sorghum-sudangrass hybrid at varying stages of maturity on the basis of intake, digestibility and chemical composition. *Journal of Animal Science*. v.27,n.3, p.818-823, 1968.

- ARAÚJO, A. A. Forragens de verão e outono. In: _____. *Forrageiras para ceifa, capineiras, pastagens, fenação e ensilagem*. 2.ed. Porto Alegre: Sulina. 1972. Cap.6, p.79-136.
- BAUCHER, M.; BERNARD-VAILHÉ, M. A.; CHABBERT, B. et al. Down-regulation of cinnamyl alcohol dehydrogenase in transgenic alfalfa (*Medicago sativa* L.) and the effect on lignin composition and digestibility. *Plant Molecular Biology*, v. 39, n. 3, p.457-464, 1999.
- BECK, P. A.; HUTCHINSON, S.; GUNTER, S. A. et al. Chemical composition and in situ dry matter and fiber disappearance of sorghum × sudangrass hybrids. *Journal of Animal Science*, v. 85, n. 2, p.545-555, 2007.
- BISHNOI, U. R., OKA, G. M., FEARON, A. L. Quantity and quality of forage and silage of pearl millet in comparison to Sudax, grain, and forage sorghums harvested at different growth stages. *Tropical Agriculture*. v.70, n.2, p.98-102, 1993.
- BOERJAN, W.; RALPH, J.; BAUCHER, M. Lignin Biosynthesis. *Annual Review of Plant Biology*, v.54, p.519–546, 2003.
- BOGDAN, A.V. *Tropical pasture and fodder plants*. New York: Longman, 1977. 475p.
- BOSE, S. K.; FRANCIS, R. C.; GOVENDER, M. et al. Lignin content versus syringyl to guaiacyl ratio amongst poplars. *Bioresource Technology*, v. 100, n. 4, p. 1628-1633, 2009.
- BUXTON, D. R., RUSSEL, J. R. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. *Crop Science*, v. 30, n. 4, p. 402-408, 1988.
- CASLER, M. D.; PEDERSEN, J. F.; UNDERSANDER, D. J. Forage yield and economic losses associated with the brown-midrib trait in sudangrass. *Crop Science*, v.43, p.782–789, 2003.
- CHEN, F.; DIXON, R. A. Lignin modification improves fermentable sugar yields for biofuel production. *Nature Biotechnology*, n. 25, p.759-761, 2007.
- CHEN, L.; AUH, C.K.; DOWLING, P. et al. Improved forage digestibility of tall fescue (*Festuca arundinacea*) by transgenic down-regulation of cinammyl alcohol dehydrogenase. *Plant Biotechnology Journal*, v.1, p.437-449, 2003.
- CHERNEY, J. H.; AXTELL, J. D.; HASSEN, M. M. et al. Forage quality characterization of a chemically induced brown-midrib mutant in pearl millet. *Crop Science*, v. 28, n. 5, p.783-787, 1988.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R.; AKIN, D. E. et al. Potential of brown-midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Advanced Agronomy*, v.46, p.157–198, 1991.

CUNNINGHAM, M. D.; RAGLAND, W. W. Plant Composition and Feeding Value of Sudangrass and Sorghum-Sudangrass in a Controlled Grazing System. *Journal of Dairy Science*, v. 54, n. 10, p.1461-1464, 1971.

DANN, H. M.; GRANT, R. J.; COTANCH, K. W. et al. Comparison of Brown Midrib Sorghum-Sudangrass with Corn Silage on Lactational Performance and Nutrient Digestibility in Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, v. 91, n. 2, p.1970-1980, 2008.

DIXON, R. A.; CHEN, F.; GUO, D. et al. The biosynthesis of monolignols: a "metabolic grid", or independent pathways to guaiacyl and syringyl units? *Phytochemistry*. v. 7, n. 57, p.1069-1084, 2001.

EBLING, T. L.; KUNG JR, L. A comparison of processed conventional corn silage to unprocessed and processed brown midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 87, n. 8, p.2519-2526, 2004.

EDWARDS Jr., N. C.; FRIBROURG, H. A.; MONTGOMERY, M. J. Cutting management effect on growth rate and dr matter digestibility of sorghum-sudangrass cultivar Sudax SX-11. *Agronomy Journal*. v.63, n.2, p.267-271, 1971.

FORNALÉ, S.; CAPELLADES, M.; ENCINA, A. et al. Altered lignin biosynthesis improves cellulosic ethanol production in transgenic maize plants down-regulated for cinnamyl alcohol dehydrogenase. *Molecular Plant*, v.5, p.817-830, 2012.

FRITZ, J. O.; CANTRELL, R. P.; LECHTENBERG, V. L. et al. Brown midrib mutants in sudangrass and grain sorghum. *Crop Science*, v. 21, n. 5, p.706-709, 1981.

FU, C.; XIAO, X.; XI, Y. et al. Downregulation of cinnamyl alcohol dehydrogenase (CAD) leads to improved saccharification efficiency in switchgrass. *Bioenergy Research*, v.4, p.153-164, 2011a.

FU, C.; MIELENZ, J.R.; XIAO, X. et al. Genetic manipulation of lignin reduces recalcitrance and improves ethanol production form switchgrass. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.108, p.3803-3808, 2011b.

GEIS, J. R.; WATSON, A. K.; ERICKSON, G. E. et al. Forage quality and grazing performance of beef cattle grazing brown midrib grain sorghum residue. *Nebraska Beef Report*: University of Nebraska, Lincoln, NE, 2010, p. 45-46.

GILLINGHAM, J. T.; SHIRER, M. M.; STARBES, J. J. et al. Relative occurrence of toxic concentrations of cyanide and nitrate in varieties of sudangrass and sorghum-sudangrass hybrids. *Agronomy Journal*. v.61, n.6, p.727-730, 1969.

GONTIJO, M. H. R.; BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C. et al. Potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim-sudão. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.7, n.1, p. 33-43, 2008a.

GONTIJO, M. H. R.; BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C. et al. Qualidade nutricional de seis híbridos de sorgo com capim-sudão submetidos a épocas de plantio e cortes distintas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.7, n.1, p. 45-56, 2008b.

GRABER, J. H. How do lignin composition, structures, and cross-linking affect degradability? A review of cell wall model studies. *Crop Science*. V. 45, n.3, p. 820-831, 2005.

GRANT, R. J.; HADDAD, S. G.; MOORE, K. J. et al. Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 78, n. 9, p.1970-1980, set. 1995.

GUO, D.; CHEN, F.; WHEELER, J. et al. Improvement of in-rumen digestibility of alfalfa forage by genetic manipulation of lignin O-methyltransferases. *Transgenic Research*, v. 10, n. 5, p.457-464, 2001.

HE, X.; HALL, M.B.; GALLO-MEAGHER, M.; SMITH, R.L. Improvement of forage quality by downregulation of maize O-methyltransferase. *Crop Science*, v.43, p.2240-2251, 2003.

HALPIN, C.; HOLT, K.; CHOJECKI, J. et al. Brown-midrib maize (bm1): a mutation affecting the cinnamyl alcohol dehydrogenase gene. *Plant Journal*, v.14, p.545-553, 1998.

JORGENSEN, L. R. Brown midrib in maize and its linkage relations. *Journal of the American Society of Agronomy*, n. 23, p.549-557, 1931.

JUNG, H. G.; NI, W.; CHAPPLE, C. S. et al. Impact of lignin composition on cell-wall degradability in an *Arabidopsis* mutant. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 79, n. 6, p.922-928, 1999.

JUNG, H. G., CASLER, M. D. Relationship of lignin and esterified phenolics to fermentation of smooth bromegrass fibre. *Animal Feed Science and Technology*. v.32, n.1-3, p.63-68, 1991.

KILCER, T. F.; KETTERINGS, Q.M.; CHERNEY, J. H. et al. Optimum stand height for forage brown midrib sorghum sudangrass in north-eastern USA. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 191, n. 1, p.35-40, 2005.

KISHIMOTO, T.; CHIBA, W.; SAITO, K. Influence of syringyl to guaiacyl ratio on the structure of natural and synthetic lignins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 2, p.895-901, 2010.

- LAPIERRE, C. Application of new methods for the investigation of lignin structure. In: JUNG, H. G., BUXTON, D. R., HATFIELD, R. D., RALPH, J. *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. 1. ed. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1993. p. 315–346.
- LI, X.; WENG, J. K.; CHAPPLE, C. Improvement of biomass through lignin modification. *The Plant Journal*. v.54, p.569–581, 2008.
- LIMA, C. B.; CARNEIRO, J. C.; NOVAES, L. P. et al. *Potencial forrageiro e avaliação bromatológica de híbridos de sorgo com capim-sudão*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005, p.1-36. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 18).
- MAYLAND, H. F.; CHEEK, P. R. Forage-induced Animal Disorders. In: BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON, C. J. *Forages, Volume II: The Science of Grassland Agriculture*. 5. ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. p. 121-135.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; SOUZA, A. N. M. et al. Desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) em manejo de cortes. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 9, n. 3, p. 10-15, 2010.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.82, p.135-142, 1999a.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of digestibility of NDF from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 589–596, 1999b.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of Brown Midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.1333-1341, 2000.
- OLIVER, A. L.; GRANT, R. J.; PEDERSEN, J. F. et al. Comparison of Brown Midrib-6 and -18 Forage Sorghum with Conventional Sorghum and Corn Silage in Diets of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, v.87, n.3, p.637–644, 2004.
- OLIVER, A. L.; PEDERSEN, J. F.; GRANT, R. J. et al. Comparative effects of the sorghum *bmr-6* and *bmr-12* genes: I. Forage Sorghum Yield and Quality. *Crop Science*, v.45, p.2234–2239, 2005.
- PEREIRA, O. G., OBEID, J. A., GOMIDE, J. A. et al. Produtividade e valor nutritivo de aveia (*Avena sativa*), milheto (*Pennisetum americanum* L.), e de um híbrido de *Sorghum bicolor* x *S. sudanense*. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v.22, n.1, p.22-31, 1993.

- PORTER, K. S.; AXTELL, J. D.; LECHTEMBERG, V. L. et al. Phenotype, fiber composition, and in vitro dry matter disappearance of chemically induced brown midrib (*bmr*) mutants of sorghum. *Crop Science*, v. 18, n. 2, p.205-208, 1978.
- PROVAN, G. J; SCOBIE, L.; CHESSON, A. Characterisation of Lignin from CAD and OMT Deficient Bm Mutants of Maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 73, n. 2, p.133-142, 2009.
- RALPH, J.; LAPIERRE, C.; MARITA, J. M. et al. Elucidation of new structures in lignins of CAD- and COMT-deficient plants by NMR. *Phytochemistry*, v. 1, n. 57, p.993-1003, 2001
- RALPH, J.; LUNDQUIST, K.; BRUNOW, G. et al. Lignins: natural polymers from oxidative coupling of 4-hydroxyphenylpropanoids. *Phytochemistry Reviews*, v. 3, n. 1, p.29-60, 2004.
- REEVES, J.B. Lignin composition and *in vitro* digestibility of feeds. *Journal of Animal Science*, v. 60, n. 1, p. 316-222, 1985.
- RESTLE, J.; ROSO, C.; AITA, V. et al. Produção Animal em Pastagem com gramíneas de estação quente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.31, n.3, p.1491-1500, 2002.
- RIBAS, P.M. Importância Econômica do Sorgo. IN: RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, M.T.R.; COELHO, E.A.; PINHEIRO, L.R. *Cultivo do Sorgo*. 4 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.Embrapa.br/publicacoes/sorgo/index.htm>>. Acesso em: jun. 2012.
- RODRIGUES, J. A. S. Utilização de forragem fresca de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) sob condições de corte e pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2000, UFLA. Lavras, *Anais...* Lavras: UFLA, 2000. p.179-201
- SALIBA, E. O. S. *Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas a degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais*. 1998. 252P. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SATTLER, S. E.; SAATHOFF, A. J.; HAAS, E. J. et al. A Nonsense Mutation in a Cinnamyl Alcohol Dehydrogenase Gene Is Responsible for the Sorghum brown midrib 6 Phenotype. *Plant Physiology*, v. 150, n. 2, p.584-595, 2009.
- SATTLER, S. E.; FUNNELL-HARRIS, D. L.; PEDERSEN, J. F. Brown midrib mutations and their importance to the utilization of maize, sorghum, and pearl millet lignocellulosic tissues. *Plant Science*, v. 178, n. 3, p.229-238, 2010.

SÁNCHEZ, D. G. R.; CRUZ, S. C.; GIL, A. P. et al. Kenaf (*hibiscus cannabinus* L.) forage yield and quality at three ages compared to corn and brown midrib sorghum x sudangrass. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, v. 48, n. 1, p.13-23, 2010.

SILVA, A.F. *Métodos culturais de sorgo*. In: RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO SORGO. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS. 1988. p.37-39. (Circular Técnica, 1)

SILVEIRA, C. A. M. et al. Efeito do nitrogênio e regime de corte sobre o rendimento e qualidade do milho e sorgos forrageiros sob condições de déficit hídrico. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.13, n.2, p.141-152, 1984.

SIMILI, F. F. *Híbrido de sorgo: estratégia de manejo alimentar de vacas leiteiras no outono-inverno*. Tese (doutorado), Jaboticabal, UNESP, 2007.

SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N. et al. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *in vitro* na matéria orgânica. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 2, p.474-480, 2010.

SIMILI, F. F.; LIMA, M. L. P.; MOREIRA, A. L. et al. Forage mass production and grazing loss of sorghum hybrid in response to the density of the sowing and the spacing between planting lines. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 40, n. 7, p.1474-1479, 2011.

STICKLEN, M. B. Plant genetic engineering for biofuel production: towards affordable cellulosic ethanol. *Nature Reviews Genetics*, v.9, p.433-443, 2008.

TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M. et al. Composição química e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 55, n. 6, p.747-755, 2003.

TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, R. G. P. et al. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 56, n. 2, p.258-263, 2004.

UZUN, F.; UGUR, S.; SULAK, M. Yield, nutritional and chemical properties of some sorghum x sudan grass hybrids (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* Stapf.). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, v. 8, n. 8, p.1602-1608, 2009.

VANHOLME, R.; DEMEDTS, B.; MORREEL, K. et al. Lignin biosynthesis and structure. *Plant Physiology*, v. 153, n. 3, p. 895-905, 2010.

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

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

WHEELER, J. L., MULCAHY, C. Consequences for animal production of cyanogenesis in sorghum forage and hay - a review. *Tropical Grasslands*. v.23, n.4, p.193-202, 1989.

WHEELER, J. L. et al. Factors affecting the hydrogen cyanide potential of forage sorghum. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 41, p.1093-1100, 1990.

WORKER Jr., G. F. Sudangrass and sudangrass hybrids responses to row spacing and plant maturity on yield and chemical composition. *Agronomy Journal*. v.65, n.6, p.975-977, 1973.

ZAGO, C. P. *Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes*. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. Sete Lagoas: Embrapa - CNPMS. 1997. p.9-26. (Circular Técnica, 17)

CAPÍTULO III - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE QUATRO HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTE *BMR*, AVALIADOS EM QUATRO IDADES DE CORTE

3.1 INTRODUÇÃO

A utilização de híbridos de sorgo com capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) na alimentação de ruminantes é mais uma estratégia que visa equilibrar a disponibilidade de alimentos volumosos ao longo do ano e reduzir os efeitos negativos da estacionalidade da produção de forragem sobre a produção de carne ou de leite. Com esse objetivo, no Brasil Central o sorgo de corte e pastejo pode ser utilizado de forma complementar às pastagens perenes nos períodos de transição seca/águas e águas/seca e no Sul do país esses híbridos podem ser utilizados no verão, de forma complementar às pastagens anuais de inverno.

O potencial produtivo de uma forrageira tem grande impacto na viabilidade econômica da sua utilização, portanto deve ser considerado como parâmetro decisivo para a seleção de novos cultivares. Outros aspectos agronômicos como altura das plantas, população de plantas (*stand*) e relação folha/colmo também são importantes, principalmente porque podem apresentar correlação com características produtivas, com a capacidade de germinação das sementes e de estabelecimento da cultura e com o valor nutritivo das plantas, respectivamente.

A presença da mutação *bmr* no sorgo leva a uma redução nos teores de lignina e a alterações na sua composição monomérica, o que resulta em uma maior digestibilidade da parede celular. Entretanto, muitas vezes isso é acompanhado por alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas, que geralmente resultam em menores produtividades. No entanto, existem evidências de que o *locus* responsável pela mutação *bmr* no sorgo é sensível a fatores ambientais ou está ligado ou interagindo com outros *loci* que são controlados por alelos sensíveis a fatores ambientais, justificando a importância de se testar os efeitos desses genes em linhagens e ambientes diversos.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar as características agronômicas (produtividade de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível, *stand* de plantas, altura das plantas e relação folha/colmo) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutante *bmr* em quatro idades de corte, determinando-se o melhor momento de colheita desses materiais e os efeitos da mutação *bmr-6* sobre essas características.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os híbridos de sorgo com capim-sudão BR 800, BRS 810 (*bmr*), BRS 802 e 156x2784 foram cultivados 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 e clima do tipo AW (clima de savana, com inverno seco e temperatura média acima de 18°C no mês mais frio), segundo a classificação de Köppen. Os dados climáticos fornecidos pelo Núcleo de Tecnologia da Informação da Embrapa Milho e Sorgo, referentes aos meses em que o experimento foi realizado, encontram-se na Tabela 1. Os híbridos BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 são pares isogênicos que se diferenciam apenas pela presença do *locus bmr-6* no primeiro, conferindo a este o fenótipo de nervura marrom (*brown midrib* ou *bmr*). O híbrido 156x2784 é um material experimental e pertence ao programa de melhoramento genético do Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo da Embrapa e os híbridos BR 800, BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 são híbridos comerciais da mesma instituição. O plantio foi realizado em 30 de janeiro de 2010 em quatro canteiros experimentais para cada um dos quatro híbridos em cada idade de corte (totalizando 64 canteiros). Os canteiros continham oito linhas de cinco metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,35 metros. Realizou-se adubação no plantio e de cobertura de acordo com a análise do solo e as necessidades da cultura, sendo utilizados 400 kg/ha da fórmula 08-28-16 (N:P:K) + Zinco (0,5 kg/ha) no plantio e 100 kg/ha de uréia em cobertura, 25 dias após o plantio.

Tabela 1: Dados climáticos mensais da área onde foi realizado o experimento

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)	Insolação (h/dia)
	Máxima	Mínima	Média			
Janeiro	29,9	19,4	23,6	327,7	75,2	6,6
Fevereiro	30,0	19,3	23,7	208,6	75,0	7,3
Março	30,8	19,0	23,8	174,1	75,4	7,2
Abril	28,6	17,2	21,6	67,7	75,1	7,1

Os cortes foram realizados aos 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio, rentes ao solo e somente nas quatro linhas centrais de cada canteiro. Em cada corte procedeu-se a contagem do número de plantas e a mensuração da altura (do nível do solo à extremidade superior da planta, em 20% das plantas de cada canteiro. Todo o material cortado foi pesado e o resultado foi utilizado para a determinação da produtividade. Dez plantas de cada canteiro tiveram suas partes separadas e pesadas para determinação da relação folha/colmo. O restante das plantas inteiras foi picado em partículas de aproximadamente dois centímetros e pré-secado em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, juntamente com as amostras de colmos e folhas. Após a pré-secagem o material foi pesado e processado em moinho tipo Willey com peneira de um milímetro e armazenado em recipientes de polietileno devidamente identificados e lacrados.

No Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte, foram realizadas as análises de matéria seca (MS) em estufa a 105°C (AOAC, 1980) nas amostras de plantas inteiras, colmos e folhas e de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) nas amostras de plantas inteiras, segundo procedimento descrito por Tilley e Terry (1963) e adaptado por Holden (1999) para utilização do simulador de rúmen Daisy^{II} (Ankom

Technology, Macedon, NY, EUA), a fim de determinar-se as produtividades de MS e de MS digestível.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em arranjo fatorial, com quatro híbridos, quatro idades de corte e quatro canteiros (blocos), de acordo com o seguinte quadro de análise de variância e modelo estatístico:

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	63
Blocos	3
Híbridos	3
Idade de corte	3
Híbrido x Idade de corte	9
Erro	45

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + C_j + B_k + (H * C)_{ij} + e_{ijk}$$

em que,

Y_{ijk} = valor referente à observação do híbrido “i”, na idade de corte “j”, no bloco “k”;

μ = média geral;

H_i = efeito dos híbridos “i” (i = 1, 2, 3,4);

C_j = efeito da idade de corte “j” (j = 1, 2, 3, 4);

B_k = efeito do bloco “k” (k = 1, 2, 3, 4)

$(H * C)_{ij}$ = efeito da interação do híbrido “i” com o corte “j”;

e_{ijk} = erro aleatório associada à observação.

As variáveis foram submetidas à análise de variância por meio do software SISVAR (Ferreira, 2000). A comparação entre híbridos em cada idade de corte foi realizada utilizando-se o teste de Student-Newman-Keuls (SNK) com nível de significância igual a 5%. Para a avaliação de cada híbrido 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). Também foi realizada análise de correlação entre as variáveis pelo método de Pearson.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os dados médios de altura dos quatro híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados ao longo das quatro idades de corte. A interação entre híbrido e idade de corte foi significativa ($P < 0,05$), sendo que todos os híbridos apresentaram aumento linear da altura ao longo das idades de corte ($P < 0,01$). Aos 52 e 67 dias não foram observadas diferenças de

altura entre os híbridos ($P>0,05$), aos 61 dias os híbridos BRS 802 e 156x2784 apresentaram alturas semelhantes entre si ($P>0,05$) e superiores aos híbridos BR 800 e BRS 810 (*bmr*) ($P<0,05$), que também não diferiram entre si ($P>0,05$). Já aos 74 dias o híbrido 156x2784 apresentou altura superior aos demais híbridos ($P<0,05$), que não diferiram entre si ($P>0,05$). Como pode ser observado, a mutação *bmr-6* não afetou a altura das plantas de maneira uniforme ao longo das idades de corte, sendo que apenas no segundo corte o híbrido mutante apresentou menor altura em relação ao seu par isogênico normal ($P<0,05$).

A importância da avaliação da altura das plantas relaciona-se às suas correlações positivas com os parâmetros produtivos (Guimarães Jr. et al., 2009; Rocha Jr. et al., 2000) e negativas com o valor nutritivo da forragem (Schimid et al., 1976). Tomich et al. (2004) avaliaram 25 híbridos de sorgo com capim-sudão e obtiveram, 57 dias após o plantio, alturas das plantas variando de 1,22 m a 1,70 m, valores próximos aos observados no primeiro corte deste trabalho. Casler et al. (2003) avaliaram a altura das plantas dos cultivares de capim-sudão Piper e Greenleaf normais e de seus pares isogênicos mutantes *bmr-6*, em dois cortes sucessivos e em dois locais e anos diferentes. Esses autores obtiveram uma redução média na altura das plantas mutantes de 3,9 e 13,1% no primeiro e segundo corte, respectivamente, mas observaram que essa redução não ocorreu de forma uniforme nas duas localidades, sendo que em uma delas um dos híbridos mutantes não apresentou redução da altura, assim como ocorreu nesse experimento em três das quatro idades de corte avaliadas.

Tabela 2: Altura das plantas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74			
	Altura (m) ¹						
BR 800	1,61 ^A	1,87 ^B	1,97 ^A	2,14 ^B	$Y = 0,407 + 0,023 X$	99,3	<0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	1,53 ^A	1,87 ^B	1,97 ^A	2,05 ^B	$Y = 0,342 + 0,024 X$	93,0	<0,01
BRS 802	1,58 ^A	2,13 ^A	2,19 ^A	2,13 ^B	$Y = 0,411 + 0,025 X$	66,4	<0,01
156x2784	1,55 ^A	2,13 ^A	2,15 ^A	2,55 ^A	$Y = -0,622 + 0,043 X$	94,0	<0,01

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P<0,05$). ¹ CV = 6,19%.

Na Tabela 3 encontram-se os dados médios de *stand* de plantas dos quatro híbridos de sorgo com capim-sudão. Os dados referentes à terceira época de corte (67 dias) foram perdidos, o que impossibilitou a realização da análise de regressão dessa variável ao longo das idades de corte. Não houve interação entre híbrido e idade de corte para essa variável ($P>0,05$). Independente da idade de corte, os híbridos BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 apresentaram *stands* semelhantes entre si ($P>0,05$) e superiores aos demais híbridos ($P<0,05$), enquanto o híbrido

BR 800 apresentou maior *stand* em relação ao híbrido 156x2784 ($P<0,05$). A mutação *bmr-6* não influenciou o *stand* de plantas ($P>0,05$), o que também foi observado por Ribas (2010) no primeiro de dois cortes sucessivos realizados em vários pares isogênicos, normais e mutantes *bmr-6*, de híbridos de sorgo com capim-sudão. Tomich et al. (2004) avaliaram 25 híbridos de sorgo de corte e pastejo e obtiveram uma variação no *stand* de plantas de 287 a 509 mil plantas/ha e um valor médio de 375 mil plantas/ha, valores próximos aos observados nesse trabalho, que também se aproximaram dos valores recomendados por Ribas (2008), de 200 a 300 mil plantas/ha no momento da colheita, como sendo ideal para essa cultura quando destinada ao corte.

Um maior *stand* de plantas pode indicar uma maior capacidade de germinação das sementes e de estabelecimento da cultura, já que foram adotadas medidas necessárias para garantir a uniformidade de plantio entre os tratamentos. Tomich et al. (2004) sugerem que o uso de híbridos que apresentem maior *stand* de plantas pode determinar menor necessidade de tratos culturais para o desenvolvimento adequado da cultura.

Tabela 3: *Stand* de plantas de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Média
	52	61	67	74	
	<i>Stand</i> (mil plantas/ha) ¹				
BR 800	361,1	358,6	-	306,1	341,9 ^B
BRS 810 (<i>bmr</i>)	450,0	405,0	-	381,8	412,2 ^A
BRS 802	433,2	442,8	-	345,7	407,2 ^A
156x2784	251,4	238,6	-	256,1	248,7 ^C

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P<0,05$). ¹ CV = 15,81%.

Em relação à produtividade de matéria verde (PMV) (Tabela 4) a interação entre híbrido e idade de corte foi significativa ($P<0,05$). Os híbridos BR 800 e BRS 802 apresentaram comportamento quadrático, enquanto o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou comportamento linear e o híbrido 156x2784 não apresentou efeito linear ou quadrático significativo.

Aos 52 dias o híbrido BR 800 apresentou menor PMV em relação aos demais híbridos ($P<0,05$), que não diferiram entre si ($P>0,05$). Aos 61 dias o híbrido BRS 802 apresentou PMV superior aos híbridos BRS 810 (*bmr*) e BR 800 ($P<0,05$) e o híbrido 156x2784 apresentou valor intermediário e semelhante aos demais híbridos ($P>0,05$). Aos 67 dias o híbrido BRS 802 apresentou PMV superior aos híbridos BRS 810 (*bmr*) e 156x2784 ($P<0,05$) e o híbrido BR 800 apresentou valor intermediário e semelhante aos demais ($P>0,05$). Aos 74 dias os híbridos BRS 802 e 156x2784 apresentaram PMV semelhantes entre si ($P>0,05$) e superiores aos híbridos BRS 810 (*bmr*) e BR 800 ($P<0,05$), que não diferiram entre si

($P > 0,05$). Exceto na primeira idade de corte, o híbrido mutante *bmr-6* (BRS 810 (*bmr*)) apresentou menor PMV em relação ao seu par isogênico normal (BRS 802).

Tabela 4: Produtividade de matéria verde (PMV) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74			
	PMV (t/ha) ¹						
BR 800	28,9 ^B	39,1 ^B	38,4 ^{AB}	33,8 ^B	$Y = -235,037 + 8,500 X - 0,065 X^2$	98,8	<0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	38,6 ^A	38,5 ^B	31,9 ^B	33,6 ^B	$Y = 54,244 - 0,292 X$	63,4	<0,05
BRS 802	42,9 ^A	48,0 ^A	44,1 ^A	41,6 ^A	$Y = -92,844 + 4,524 X - 0,036 X^2$	81,1	<0,05
156x2784	38,1 ^A	42,7 ^{AB}	34,3 ^B	42,9 ^A	-	-	NS

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$).¹ CV = 11,13%; NS = não significativo.

De acordo com Tomich et al. (2004), a produtividade de híbridos de sorgo com capim-sudão é influenciada por um grande número de fatores, dentre eles destaca-se a variabilidade genética, a fertilidade do solo, a disponibilidade de água, a época de plantio, o estágio de desenvolvimento da planta, a ocorrência de cortes sucessivos e o stand de plantas, o que dificulta a realização de comparações desses parâmetros entre estudos. Esses autores avaliaram 25 híbridos de sorgo com capim-sudão e obtiveram, 57 dias após o plantio, PMV variando de 24,4 a 36,3 t/ha, valores próximos aos observados nesse trabalho. Gontijo et al. (2008), trabalhando com seis híbridos de sorgo com capim-sudão plantados no mês de agosto e colhidos 52 dias após o plantio, obtiveram PMV média de 11,3 t/ha, muito abaixo do obtido no presente estudo, provavelmente em função da época de plantio e do estágio de maturação das plantas, que se encontravam com uma altura média de apenas 84 cm no momento de corte.

Dentre os parâmetros que avaliam o potencial produtivo de uma forrageira, como por exemplo a PMV, a produtividade de matéria seca (PMS) e a produtividade de matéria seca digestível (PMSD), os mais importantes são a PMS e a PMSD, pois dizem respeito a fração do alimento que poderá ser aproveitada pelos animais, desconsiderando o seu conteúdo de água. Para a PMS (Tabela 5) não houve interação entre híbrido e idade de corte ($P > 0,05$). Os híbridos apresentaram efeito linear crescente, com uma taxa de acúmulo de matéria seca média de 164 kg/ha/dia. A partir dessa informação é possível inferir que a ocorrência de efeito quadrático, de efeito linear decrescente e de ausência de efeito linear ou quadrático observados para a PMV está mais relacionado às variações no conteúdo de água das plantas do que ao acúmulo de MS ao longo das idades de corte.

Tabela 5: Produtividade de matéria seca (PMS) e equação de regressão com seu respectivo coeficiente de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74			
	PMS (t/ha) ¹				Média		
BR 800	2,35	4,78	5,98	6,37	4,87 ^B		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	2,56	4,99	4,88	5,56	4,50 ^B	Y = -5,295 + 0,164 X	93,3 <0,01
BRS 802	3,81	6,30	6,38	7,53	6,01 ^A		
156x2784	3,08	5,20	4,67	7,56	5,13 ^B		

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$).¹ CV = 15,42.

Independente da idade de corte, o híbrido BRS 802 apresentou maior PMS em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Tomich et al. (2004) avaliaram 25 híbridos de sorgo com capim-sudão e obtiveram, 57 dias após o plantio, PMS variando de 3,5 a 5,8 t/ha e um valor médio de 4,5 t/ha, valores próximos aos observados nesse trabalho. Uzun et al. (2009), avaliando oito híbridos de sorgo de corte e pastejo cortados em avançado estágio de maturação (109 a 136 dias após o plantio) obtiveram altas PMV (variando de 42,7 a 97,4 t/ha) e PMS (variando de 11,7 a 23,6 t/ha) em apenas um corte, o que se aproxima dos resultados obtidos por Sánchez et al. (2010) ao trabalharem com um híbrido de sorgo com capim-sudão submetido ao corte 106 dias após o plantio, que observaram PMS de 14,8 t/ha em um único corte, muito embora o valor nutritivo da forragem nesses dois casos tenha sido inferior ao obtido em trabalhos que avaliaram a planta em estádios iniciais de desenvolvimento (Ademosum et al., 1968; Cunningham e Ragland, 1971; Tomich et al., 2003).

A mutação *bmr-6* afetou negativamente a PMS ($P < 0,05$), levando a uma redução média de 25,12% nesse parâmetro. Esse resultado se aproxima muito do obtido por Ribas (2010), que avaliou seis pares isogênicos de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes *bmr-6* em dois cortes sucessivos e obteve uma redução média de 24,64% na PMS dos híbridos mutantes. Oliver et al. (2005) obtiveram redução de 15% na PMS do sorgo mutante *bmr-6* em relação ao seu par isogênico normal, enquanto Casler et al. (2003) obtiveram reduções de 15 e 30% na PMS do capim-sudão em dois cortes sucessivos, respectivamente, embora as alterações na produtividade não tenham ocorrido de forma uniforme nas diferentes localidades testadas.

Verifica-se que para a PMSD (Tabela 6) não houve interação entre híbrido e idade de corte ($P > 0,05$). Assim como na PMS, os híbridos apresentaram efeito linear crescente, com uma taxa de acúmulo de matéria seca digestível média de 89 kg/ha/dia, e as diferenças entre híbridos ocorreram da mesma forma que para a PMS, sendo que independente da idade de

corde, o híbrido BRS 802 apresentou maior PMSD em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). De acordo com Tomich (2003), a PMSD assume papel de destaque na determinação do potencial forrageiro dos híbridos, uma vez que combina as avaliações de produtividade com o valor nutritivo. Esse autor, avaliando 12 híbridos de sorgo com capim-sudão em três cortes sucessivos obteve, no primeiro corte (44 dias após o plantio), PMSD variando de 1,9 a 2,7 t/ha e um valor médio de 2,1 t/ha, valores próximos aos observados nesse trabalho.

A mutação *bmr-6* afetou negativamente a PMSD ($P < 0,05$), porém em menor extensão que a PMS, levando a uma redução média de 18,97% nesse parâmetro. Esse resultado também se aproxima do obtido por Ribas (2010), que avaliou seis pares isogênicos de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes *bmr-6* em dois cortes sucessivos e obteve uma redução média de 18,15% na PMSD dos híbridos mutantes. Hernandez e Brito (2000) também compararam híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes e obtiveram maior DIVMS para o híbrido mutante, mas verificaram maiores PMS e PMSD para o híbrido normal. De acordo com esses autores a maior DIVMS não compensou a menor PMS do híbrido mutante *bmr*, embora essa vantagem possa ser importante em situações que demandem altos consumos de matéria seca digestível por animal.

Tabela 6: Produtividade de matéria seca digestível (PMSD) e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74			
	PMSD (t/ha) ¹				Média		
BR 800	1,37	2,55	3,20	3,49	2,65 ^B		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	1,57	2,58	2,74	3,19	2,52 ^B	Y = -2,900 + 0,089 X	95,9 <0,01
BRS 802	2,04	3,09	3,21	4,11	3,11 ^A		
156x2784	1,64	2,76	2,37	4,08	2,71 ^B		

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 15,03%.

Para a relação folha/colmo (Tabela 7) não houve interação entre híbrido e idade de corte ($P > 0,05$). Esse parâmetro é um indicativo do valor nutritivo dos híbridos de sorgo de corte e pastejo, pois, de acordo com Edwards Jr. et al. (1971), a digestibilidade dessa forrageira é positivamente correlacionada à porcentagem de folhas e negativamente correlacionada à de colmos, portanto esse parâmetro representa uma ferramenta importante para a seleção de híbridos.

Foi observado efeito linear decrescente, indicando maior participação de colmos na planta e queda do valor nutritivo da forrageira com o aumento da idade de corte. Resultado semelhante

foi obtido por Ademosum et al. (1968), que avaliaram o valor nutritivo de um híbrido de sorgo com capim-sudão colhido em vários estádios de maturação e observaram redução dos teores de proteína bruta, da digestibilidade *in vivo* da MS e do consumo voluntário de MS com o aumento da idade de corte.

Independente da idade de corte, o híbrido BR 800 destacou-se por apresentar maior relação folha/colmo em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P < 0,05$), sendo que a mutação *bmr-6* não interferiu nesse parâmetro, à semelhança do observado por Ribas (2010) ao comparar um par isogênico (normal e mutante *bmr-6*) de híbridos de sorgo com capim-sudão.

Tabela 7: Relação Folha/Colmo e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Média	Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74				
	Relação Folha/Colmo ¹							
BR 800	0,75	0,59	0,55	0,37	0,56 ^A			
BRS 810 (<i>bmr</i>)	0,57	0,61	0,41	0,40	0,49 ^B	Y = 1,263 - 0,012 X	94,7	<0,01
BRS 802	0,55	0,52	0,39	0,34	0,45 ^B			
156x2784	0,49	0,56	0,42	0,40	0,47 ^B			

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$).¹ CV = 18,38%.

Na Tabela 8 encontra-se a matriz de correlação entre as variáveis estudadas nesse capítulo. Foram observadas correlações positivas entre altura e PMS e PMSD e negativa entre altura e relação folha/colmo, de forma semelhante ao obtido por Tomich et al. (2004) que, em função disso, recomendaram cautela na utilização da altura como critério para seleção de novos genótipos. Alguns trabalhos (Worker Jr., 1973; Medeiros et al., 1979) associaram aumento da produtividade de híbridos de sorgo com capim-sudão ao aumento do *stand* de plantas, no entanto, nesse trabalho não foram observadas correlações desse parâmetro com os parâmetros produtivos. Entretanto, a PMV apresentou correlação positiva com a PMS e com a PMSD, indicando que esse parâmetro, de mais fácil obtenção, pode ser utilizado como critério para a seleção de híbridos mais produtivos. A relação folha/colmo foi positivamente correlacionada com o *stand* de plantas, o que pode estar relacionado à informação de Rodrigues (2000) de que uma maior densidade de plantio - e conseqüentemente um maior *stand* de plantas - pode resultar em plantas com colmos mais finos, aumentando, portanto, a relação folha/colmo. A correlação negativa obtida entre a PMS e a relação folha/colmo indica que, embora ocorra aumento da PMS, o valor nutritivo da forragem diminui com o aumento da idade de corte.

Tabela 8: Matriz de correlação entre as variáveis estudadas

	Altura	Stand	PMV	PMS	PMSD	Folha/Colmo
Altura	-	-0,35 *	0,20	0,73 *	0,71 *	-0,59 *
Stand		-	0,19	-0,17	-0,17	0,32 *
PMV			-	0,48 *	0,40 *	0,02
PMS				-	0,98 *	-0,51 *
PMSD					-	-0,55 *
Folha/Colmo						-

PMV = produtividade de matéria verde; PMS = produtividade de matéria seca; PMSD = produtividade de matéria seca digestível; * P<0,05.

3.4 CONCLUSÕES

Considerando-se o desempenho produtivo em apenas um corte, a melhor época para se colher os híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados é aos 74 dias após plantio, embora a redução da relação folha/colmo com o aumento da idade de corte indique queda no valor nutritivo desses materiais ao longo do tempo.

O híbrido BRS 802 se destacou em relação aos demais por apresentar maior PMS e PMSD, enquanto o híbrido BR 800 se destacou em relação aos demais por apresentar maior relação folha/colmo.

A mutação *bmr-6* provocou uma redução média de 25% na PMS e de 19% na PMSD e não alterou o *stand* de plantas e a relação folha/colmo.

Apesar de ter apresentado um menor potencial produtivo em relação ao seu par isogênico normal, o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou PMS e PMSD semelhantes às dos demais híbridos convencionais avaliados.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEMOSUM, A. A., BAUMGARDT, B. R., SCHOLL, J. M. Evaluation of a sorghum-sudangrass hybrid at varying stages of maturity on the basis of intake, digestibility and chemical composition. *Journal of Animal Science*. v.27,n.3, p.818-823, 1968.

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

CASLER, M. D.; PEDERSEN, J. F.; UNDERSANDER, D. J. Forage yield and economic losses associated with the brown-midrib trait in sudangrass. *Crop Science*, v.43, p.782-789, 2003.

CUNNINGHAM, M. D.; RAGLAND, W. W. Plant Composition and Feeding Value of Sudangrass and Sorghum-Sudangrass in a Controlled Grazing System. *Journal of Dairy Science*, v. 54, n. 10, p.1461-1464, 1971.

EDWARDS Jr., N.C., FRIBROURG, H.A., MONTGOMERY, M.J. Cutting management effect on growth rate and dr matter digestibility of sorghum-sudangrass cultivar Sudax SX-11. *Agronomy Journal*. v.63, n.2, p.267-271, 1971.

FERREIRA, D.F. *SISVAR – Sistema para análise de variância*. Lavras: Universidade Federal de Lavras (Departamento de Ciências Exatas – DEX), 2000. (CD-ROM).

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

GUIMARÃES Jr., R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Avaliação agronômica de genótipos de milho (*P. glaucum*) plantados em período de safrinha. *Archivos de Zootecnia*, v. 58, n. 1, p.629-632, 2009.

HERNÁNDEZ, G. N., BRITO, J. E. C. Producción, composición química y digestibilidad del forraje de sorgo x sudán de nervadura café em la región norte de Mexico. *Tecnica Pecuaria em Mexico*. vol. 38, n.3, p.177-187, 2000.

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.

MEDEIROS, R. B.; SAIBRO, J. C.; BARRETO, I. L. Efeito do nitrogênio e da população de plantas no rendimento e qualidade do sorgo Sordan (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) x (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. v.8, n.1, p.75-87, 1979.

OLIVER, A. L.; PEDERSEN, J. F.; GRANT, R. J. et al. Comparative effects of the sorghum *bmr-6* and *bmr-12* genes: I. Forage Sorghum Yield and Quality. *Crop Science*, v.45, p.2234–2239, 2005.

RIBAS, P. M. Importância Econômica do Sorgo. IN: RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, M. T. R.; COELHO, E. A.; PINHEIRO, L. R. *Cultivo do Sorgo*. 4 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.Embrapa.br/publicacoes/sorgo/index.htm>>. Acesso em: jun. 2012.

RIBAS, M. N. *Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes BMR – portadores de nervura marrom*. 2010. 138p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

ROCHA Jr, V. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al.. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Características agronômicas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 52, n. 5, p.506-511, 2000.

RODRIGUES, J. A. S. Utilização de forragem fresca de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) sob condições de corte e pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2000, UFLA. Lavras, *Anais...* Lavras: UFLA, 2000. p.179-201

SÁNCHEZ, D. G. R.; CRUZ, S. C.; GIL, A. P. et al. Kenaf (*hibiscus cannabinus* l.) forage yield and quality at three ages compared to corn and brown midrib sorghum x sudangrass. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, v. 48, n. 1, p.13-23, 2010.

SCHIMID, A. R., GOODRICH, R. D., JORDAN, R. M. et al. Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. *Agronomy Journal*. v.68, n.2, p.403-406, 1976.

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. 104-112, 1963.

TOMICH, T. R. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim sudão avaliados em regime de cortes*. 2003. 88p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M. et al. Composição química e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 55, n. 6, p.747-755, 2003.

TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, R. G. P. et al. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 56, n. 2, p.258-263, 2004.

UZUN, F.; UGUR, S.; SULAK, M. Yield, Nutritional and Chemical Properties of Some Sorghum x Sudan Grass Hybrids (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* Stapf.). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, v. 8, n. 8, p.1602-1608, 2009.

WORKER Jr., G. F. Sudangrass and sudangrass hybrids responses to row spacing and plant maturity on yield and chemical composition. *Agronomy Journal*. v.65, n.6, p.975-977, 1973.

CAPÍTULO IV - VALOR NUTRITIVO DE QUATRO HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTE *BMR*, AVALIADOS EM QUATRO IDADES DE CORTE

4.1 INTRODUÇÃO

Os híbridos de sorgo com capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), chamados de sorgo de corte e pastejo, são considerados uma alternativa para manter a estabilidade da produção de forragem e, conseqüentemente, de leite e de carne ao longo do ano, compondo um sistema de alimentação mais diversificado. Embora exista poucos cultivares comercialmente disponíveis no Brasil, os híbridos de sorgo com capim-sudão têm sido bem aceitos pelos pecuaristas e constituem um recurso disponível para alongar o período de utilização de forragem fresca com alto valor nutritivo.

O conhecimento do valor nutritivo de forrageiras não só permite o balanceamento adequado das dietas como também fornece subsídios para adoção de estratégias de manejo e para a seleção de cultivares, visando à melhoria de sua qualidade nutricional. As plantas mutantes *bmr*, apesar de frequentemente apresentarem menor valor agrônômico, geralmente apresentam menores teores de lignina e, conseqüentemente, maiores degradabilidades, consumo e desempenho animal.

Apesar dos trabalhos publicados por Ademosum et al. (1968) e Worker Jr. (1973) mostrarem queda no valor nutritivo com o avanço do estágio de maturação de híbridos de sorgo com capim-sudão e essa ser a resposta mais frequente observada em gramíneas tropicais, poucos são os trabalhos que avaliaram o valor nutritivo do sorgo de corte e pastejo em diferentes idades de corte, sendo, portanto, necessário entender como ocorrem as mudanças na composição química dessa forrageira ao longo do tempo.

Objetivou-se avaliar o valor nutritivo de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutante *bmr* submetidos ao corte em quatro idades e os efeitos da mutação *bmr-6* sobre os parâmetros avaliados.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse experimento foi utilizado o mesmo material e procedimento estatístico descrito no Capítulo III. Nas amostras de plantas inteiras, colmos e folhas dos quatro híbridos de sorgo com capim-sudão colhidos aos 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) (AOAC, 1980), proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) e frações fibrosas (fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA)) pelo método sequencial de Robertson e Van Soest (1981) em aparelho analisador de fibra modelo Ankom 220 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA). O teor de lignina foi determinado incubando-se o resíduo das análises de FDA em

solução de ácido sulfúrico a 72% por três horas seguido por lavagem, secagem a 105°C por 6 horas e pesagem (lignina detergente ácido). 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^{II} (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA). Foram determinados os teores de FDN nos resíduos do procedimento de DIVMS, a fim de determinar-se a digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre híbrido e idade de corte para o teor de MS (Tabela 1) da planta inteira ($P>0,05$) e não foram observadas diferenças entre híbridos ($P>0,05$), que apresentaram efeito linear crescente com aumento médio diário de 0,44% no teor de MS da planta inteira. Os valores obtidos nesse experimento se aproximam dos resultados descritos por Neumann et al. (2010) ao avaliarem quatro híbridos de sorgo com capim-sudão, que observaram teor de MS da planta inteira variando de 10,2 a 13,1% quando o corte foi realizado 40 dias após o plantio e de 16,9 a 21,7% quando o corte foi realizado 110 dias após o plantio, com aumento linear ao longo do tempo. Os teores de MS da planta inteira observados nesse experimento estão abaixo do mínimo recomendado por McDonald et al. (1991) para ensilagem de forrageiras, embora Jayme et al. (2007) tenham obtido bons padrões de fermentação ao ensilar 6 híbridos de sorgo com capim-sudão colhidos 60 dias após o plantio e contendo 16,6% de MS em média. Além disso, de acordo com o NRC (1989), ocorre uma diminuição na ingestão de MS em 0,02% do peso vivo para cada aumento de 1% na umidade da dieta, a partir de 50%. Portanto, em função do alto teor de umidade apresentado pelos híbridos, especialmente nas primeiras idades de corte, é possível que o consumo deste alimento seja deprimido, embora Ribas (2010) tenha obtido altos consumos voluntários de MS (94,8 g/kg^{0,75}/dia, em média) por ovinos alimentados com um híbrido de sorgo com capim-sudão colhido 64 dias após o plantio e contendo 16,6% de MS em média.

Não houve interação entre híbrido e idade de corte para o teor de MS dos colmos ($P>0,05$), sendo que os híbridos apresentaram efeito linear crescente com aumento médio diário de 0,29% no teor de MS dos colmos. De acordo com Rodrigues (2000) os baixos teores de MS apresentados por sorgos de corte e pastejo são consequência da presença de colmos suculentos, com altos teores de umidade, nesses híbridos. Essa informação está de acordo com os dados obtidos nesse trabalho e com os resultados relatados por Neumann et al. (2010), que obtiveram teor de MS no colmo variando de 7,9 a 9,2%, quando o corte foi realizado 40 dias após o plantio, e de 12,9 a 14,1% quando o corte foi realizado 75 dias após o plantio, com aumento linear ao longo do tempo. O híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou teor de MS inferior aos demais híbridos ($P<0,05$) mas, embora tenha sido significativa, essa redução é pequena para ter impactos na sua utilização.

Em relação aos teores de MS das folhas, a interação entre híbrido e idade de corte foi significativa ($P<0,05$). Todos os híbridos apresentaram efeito linear crescente, com aumentos médios diários de 0,97; 0,84; 0,75 e 0,74% no teor de MS das folhas, respectivamente para os híbridos BR 800, BRS 810 (*bmr*), BRS 802 e 156x2784. De acordo com Zago (1991), das

frações estruturais da planta, o colmo é a porção que menos contribui com a elevação do teor de MS, seguido das folhas e estruturas reprodutivas, portanto o aumento da participação das folhas na estrutura física da planta do sorgo contribui com a elevação dos seus teores de MS. Isso está de acordo com os dados obtidos nesse trabalho, em que as folhas apresentaram maiores teores e taxas de aumento dos teores de MS ao longo do tempo, e com os dados obtidos por Neumann et al. (2010), que obtiveram teor de MS na folha variando de 15,8 a 18,8%, quando o corte foi realizado 40 dias após o plantio, e de 28,4 a 31,2% quando o corte foi realizado 145 dias após o plantio, com aumento linear ao longo do tempo. As diferenças observadas entre os híbridos no teor de MS das folhas, apesar de significativas ($P < 0,05$), não foram suficientes para afetarem os teores de MS das plantas inteiras.

Tabela 1: Teores de matéria seca (MS), em porcentagem da matéria natural (MN), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74			
	MS Planta Inteira ¹ (% da MN)				Média		
BR 800	8,14	12,23	15,30	18,80	13,62 ^A		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	8,65	13,14	13,88	16,55	12,56 ^A	$Y = -14,752 + 0,441 X$	99,4 < 0,01
BRS 802	8,95	13,14	14,41	18,09	13,65 ^A		
156x2784	8,03	12,17	13,66	17,64	12,88 ^A		
	MS Colmo ² (% da MN)						
BR 800	6,89	9,39	12,77	14,15	10,80 ^A		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	7,00	9,88	12,17	12,31	10,34 ^B	$Y = -7,696 + 0,293 X$	98,5 < 0,01
BRS 802	8,41	10,46	12,74	14,53	11,54 ^A		
156x2784	8,03	9,79	11,96	14,24	11,01 ^A		
	MS Folha ³ (% da MN)						
BR 800	12,97 ^A	19,00 ^B	31,21 ^A	32,53 ^A	-	$Y = -37,897 + 0,974 X$	91,2 < 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	12,13 ^A	22,02 ^A	26,51 ^B	30,51 ^B	-	$Y = -30,411 + 0,838 X$	97,6 < 0,01
BRS 802	14,31 ^A	21,61 ^A	27,32 ^B	30,37 ^B	-	$Y = -24,242 + 0,750 X$	98,2 < 0,01
156x2784	12,47 ^A	20,34 ^{AB}	24,54 ^C	28,71 ^B	-	$Y = -25,435 + 0,739 X$	99,1 < 0,01

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 9,63%; ² CV = 9,72%; ³ CV = 5,27%.

Não houve interação entre híbrido e idade de corte para o teor de MM nas diferentes frações ($P > 0,05$) (Tabela 2), sendo que em todas elas foi observado efeito linear decrescente caracterizado por reduções médias diárias de 0,25; 0,19 e 0,14% na planta inteira, colmos e folhas, respectivamente.

Tabela 2: Teores de matéria mineral (MM), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P	
	52	61	67	74				
	MM Planta Inteira (% da MS) ¹							
	Média							
BR 800	10,69	7,09	6,89	6,12	7,69 ^B	$Y = 24,125 - 0,253 X$	80,2	< 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	13,44	7,53	8,17	6,77	8,98 ^A			
BRS 802	11,74	6,81	6,85	5,56	7,74 ^B			
156x2784	11,82	6,59	7,05	5,64	7,77 ^B			
	MM Colmo (% da MS) ²							
BR 800	10,92	9,10	7,86	6,09	8,49 ^A	$Y = 20,138 - 0,188 X$	97,5	< 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	10,72	8,31	7,46	7,66	8,54 ^A			
BRS 802	9,99	7,62	6,87	6,14	7,66 ^B			
156x2784	10,80	8,67	7,22	6,14	8,20 ^{AB}			
	MM Folha (% da MS) ³							
BR 800	8,86	7,38	6,47	6,49	7,30 ^B	$Y = 16,301 - 0,135 X$	79,1	< 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	10,39	7,66	7,48	7,98	8,37 ^A			
BRS 802	9,59	7,39	6,80	6,31	7,52 ^B			
156x2784	9,38	6,92	6,60	6,58	7,62 ^B			

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 8,08%; ² CV = 10,11%; ³ CV = 5,21%.

Em relação ao teor de MM na planta inteira e nas folhas, o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou maior valor em relação aos demais ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$), independente da idade de corte. Em relação ao teor de MM nos colmos, os híbridos BRS 810 (*bmr*) e BR 800 apresentaram valores semelhantes entre si ($P > 0,05$) e superiores ao híbrido

BRS 802 ($P < 0,05$) sendo que o híbrido 156x2784 apresentou valor intermediário, mas semelhante aos demais híbridos ($P > 0,05$). A mutação *bmr-6* provocou aumentos de 16,0; 11,5 e 11,3%, em média, nos teores de MM da planta inteira, dos colmos e das folhas, respectivamente. Apesar de serem escassos os dados referentes ao teor de MM e à influência da mutação *bmr* sobre esse parâmetro em híbridos de sorgo com capim-sudão, os resultados obtidos nesse experimento se aproximam do encontrado por Wedig et al. (1987) ao avaliarem dois pares isogênicos (normais e mutantes *bmr*) de híbridos de sorgo com capim-sudão. Esses autores obtiveram teor de MM variando de 9,5 a 11,1% e um dos híbridos mutantes *bmr* apresentou teor de MM 15,6% superior ao seu par isogênico normal.

Não houve interação entre híbrido e idade de corte para o teor de FDN nas diferentes frações ($P > 0,05$) (Tabela 3), sendo que todas elas apresentaram efeito quadrático com pontos de máximo em 60,27; 58,35 e 55,68 dias após o plantio, respectivamente para planta inteira, colmos e folhas. Independente da idade de corte, o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou menores teores de FDN na planta inteira e nas folhas em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Nos colmos, o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou menor teor de FDN em relação ao híbrido BRS 802 ($P < 0,05$), que por sua vez foi inferior aos híbridos 156x2784 e BR 800 ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Tomich et al. (2003) avaliaram 25 híbridos de sorgo com capim-sudão e obtiveram, 57 dias após o plantio, teores de FDN na planta inteira variando de 65,1 a 70,5% e um valor médio de 67,7%, enquanto Mello et al. (2003) obtiveram, em um híbrido de sorgo com capim-sudão 50 e 85 dias após o plantio, teores de FDN nas folhas igual a 70,9 e 74,3% e nos colmos igual a 66,9 e 69,6%, respectivamente. Neumann et al. (2010), avaliando híbridos de sorgo com capim-sudão em quatro idades de corte (variando de 40 a 145 dias após o plantio) observaram efeito quadrático nos teores de FDN da planta inteira, dos colmos e das folhas do híbrido AG2501C, com pontos de máximo aos 80 (79,5% de FDN); 92 (72,3% de FDN) e 72 (75,2% de FDN) dias após o plantio. Já Neumann et al. (2008), avaliando um híbrido de sorgo com capim-sudão plantado em diferentes espaçamentos entre linhas e colhido 50, 85 e 125 dias após o plantio, obtiveram comportamento quadrático no teor de FDN dos colmos (ponto de máximo em 95,28 dias) quando o espaçamento entre linhas foi de 0,30 m, comportamento linear crescente quando o espaçamento foi de 0,50 e 0,70 m e, nas folhas, observaram acréscimos lineares nos teores de FDN nos três espaçamentos testados.

A mutação *bmr-6* provocou reduções de 4,7; 4,4 e 3,5%, em média, nos teores de FDN da planta inteira, dos colmos e das folhas, respectivamente. Beck et al. (2007) obtiveram reduções variando de 2 a 10%, dependendo da idade de corte e dos híbridos avaliados, nos teores de FDN de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *bmr*. Casler et al. (2003) reportaram redução de 3,7% no teor de FDN do capim-sudão mutante *bmr* em relação ao normal e Cherney et al. (1990) observaram redução de 2,7% no teor de FDN do milho mutante *bmr* em relação ao normal, enquanto Weidig et al. (1987) não encontraram diferenças nos teores de FDN ao avaliarem dois pares isogênicos de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *bmr* e normais.

Tabela 3: Teores de fibra em detergente neutro (FDN), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Média	Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74				
FDN Planta Inteira (% da MS) ¹								
BR 800	67,9	69,3	69,3	66,0	68,1 ^A			
BRS 810 (<i>bmr</i>)	64,2	67,5	66,4	63,6	65,2 ^B	$Y = -32,796 + 3,375 X - 0,028 X^2$	95,7	< 0,01
BRS 802	69,0	70,7	70,3	63,6	68,4 ^A			
156x2784	69,3	67,9	70,3	63,8	67,8 ^A			
FDN Colmo (% da MS) ²								
BR 800	68,4	71,8	68,5	64,9	68,4 ^A			
BRS 810 (<i>bmr</i>)	65,4	66,2	64,0	60,0	63,9 ^C	$Y = -36,135 + 3,618 X - 0,031 X^2$	99,7	< 0,01
BRS 802	68,9	69,2	67,8	61,5	66,9 ^B			
156x2784	70,5	71,5	68,5	62,8	68,3 ^A			
FDN Folha (% da MS) ³								
BR 800	65,1	64,4	63,6	59,2	63,1 ^A			
BRS 810 (<i>bmr</i>)	62,0	62,3	59,2	59,3	60,7 ^B	$Y = 20,763 + 1,559 X - 0,014 X^2$	96,4	< 0,01
BRS 802	65,7	64,5	61,9	59,5	62,9 ^A			
156x2784	62,5	65,2	62,3	59,9	62,5 ^A			

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 2,57%; ² CV = 2,69%; ³ CV = 2,85%.

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 é limitado pelo enchimento ruminal e o desempenho animal pode ser comprometido. Em contrapartida, se as dietas apresentarem um baixo conteúdo de fibra, aumenta-se a incidência de distúrbios alimentares como a acidose, o que levará a um comprometimento do desempenho e da saúde do animal (Mertens, 1997).

O teor de FDA (Tabela 4) representa 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, enquanto o teor de FDN está mais relacionado ao seu consumo (Van Soest, 1994). A interação entre híbrido e idade de corte foi significativa ($P < 0,05$) para os teores de FDA da planta inteira, sendo que os híbridos BRS 810 (*bmr*), BRS 802 e 156x2784 apresentaram efeito linear decrescente e o BR 800 não apresentou efeito linear ou quadrático significativo. Já nos teores de FDA dos colmos e das folhas essa interação não foi significativa ($P > 0,05$), sendo que nas duas frações foram observados efeitos quadráticos inversos, com pontos de máximo em 58,42 dias após o plantio para os colmos e ponto de mínimo em 70,53 dias após o plantio, para as folhas.

Em relação aos teores de FDA na planta inteira, aos 52 dias os híbridos BRS 802 e 156x2784 apresentaram valores semelhantes entre si ($P > 0,05$) e superiores aos demais híbridos ($P < 0,05$), que também não diferiram entre si ($P > 0,05$). Aos 61 dias após o plantio o híbrido BRS 802 apresentou maior teor de FDA em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Aos 67 dias após o plantio o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou menor teor de FDA em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$), enquanto na última idade de corte, 74 dias após o plantio, não foram observadas diferenças nos teores de FDA dos diferentes híbridos avaliados ($P > 0,05$). Em relação aos teores de FDA nos colmos, o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou menor teor de FDA em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$), independente da idade de corte. Nas folhas, o híbrido BRS 802 apresentou maior teor de FDA em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$), independente da idade de corte.

Tomich et al. (2003) avaliaram 25 híbridos de sorgo com capim-sudão e obtiveram, 57 dias após o plantio, teores de FDA na planta inteira variando de 37,4 a 41,9% e um valor médio de 39,8%, valores próximos observados nesse experimento, enquanto Mello et al. (2003) obtiveram, em um híbrido de sorgo com capim-sudão 50 e 85 dias após o plantio, teores de FDA nas folhas igual a 37,7 e 38,5% e nos colmos igual a 39,7 e 41,1%, respectivamente.

Experimentos que avaliaram os teores de FDA de híbridos de sorgo com capim-sudão ao longo de várias idades de corte não são muito frequentes na literatura e apresentam resultados conflitantes. Ademosum et al. (1968), avaliando um híbrido de sorgo de corte e pastejo em 12 idades de corte (variando de 52 a 85 dias após o plantio) observaram que o teor de FDA aumentou ao longo dos cortes, variando de 29,9 a 37,8%, já Beck et al. (2007) observaram valores de FDA igual a 35,5; 41,4; 42,4; 43,4 e 43,2% quando um híbrido de sorgo com capim-sudão foi submetido ao corte aos 34, 41, 48, 55 e 63 dias após o plantio, respectivamente, embora esses autores não tenham realizado análise de regressão dos teores de FDA em função da idade de corte. Neumann et al. (2010), avaliando quatro híbridos de sorgo com capim-sudão em quatro idades de corte (variando de 40 a 145 dias após o plantio) observaram que os teores de FDA na planta inteira, nos colmos e nas folhas apresentaram efeito quadrático, com pontos de máximo aos 74 e 99 dias após o plantio para plantas inteiras e folhas, respectivamente, e ponto de mínimo aos 76 dias após o plantio para os colmos. Já Neumann et al. (2008), avaliando um híbrido de sorgo com capim-sudão plantado em diferentes espaçamentos entre linhas e colhido 50, 85 e 125 dias após o plantio, obtiveram

comportamento quadrático no teor de FDA dos colmos (ponto de máximo em 85,52 dias) quando o espaçamento entre linhas foi de 0,70 m, comportamento linear crescente quando o espaçamento foi de 0,50 e 0,30 m e, nas folhas, observaram acréscimos lineares nos teores de FDA nos três espaçamentos testados.

Tabela 4: Teores de fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Média	Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74				
FDA Planta Inteira (% da MS) ¹								
BR 800	39,3 ^B	37,6 ^B	39,5 ^A	37,1 ^A	-	-	-	NS
BRS 810 (<i>bmr</i>)	40,2 ^B	36,0 ^B	36,9 ^B	35,3 ^A	-	$Y = 49,938 - 0,202 X$	75,7	< 0,01
BRS 802	44,4 ^A	41,1 ^A	41,5 ^A	36,3 ^A	-	$Y = 61,817 - 0,331 X$	85,7	< 0,01
156x2784	43,9 ^A	38,5 ^B	42,4 ^A	36,8 ^A	-	$Y = 56,470 - 0,253 X$	51,2	< 0,01
FDA Colmo (% da MS) ²								
BR 800	42,0	44,4	41,6	39,3	41,8 ^A			
BRS 810 (<i>bmr</i>)	39,2	39,0	38,1	35,6	38,0 ^B	$Y = -42,775 + 2,921 X - 0,025 X^2$	99,1	< 0,01
BRS 802	42,8	43,7	42,9	37,1	41,6 ^A			
156x2784	44,0	46,5	42,6	38,6	42,9 ^A			
FDA Folha (% da MS) ³								
BR 800	33,5	28,3	28,4	26,4	29,1 ^B			
BRS 810 (<i>bmr</i>)	33,2	28,8	26,9	29,1	29,5 ^B	$Y = 116,726 - 2,539 X + 0,018 X^2$	99,8	< 0,01
BRS 802	34,6	29,9	29,3	28,4	30,6 ^A			
156x2784	33,4	29,2	27,4	27,6	29,4 ^B			

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 4,55%; ² CV = 4,86%; ³ CV = 4,29%.

O comportamento variado nos teores das frações fibrosas (FDN, FDA e lignina) dos colmos, folhas e plantas inteiras obtidos nesse e em outros experimentos, que influenciam diretamente a digestibilidade e o valor nutritivo dessa forrageira, pode ser resultado de alterações na distribuição do crescimento e da composição estrutural da planta, inclusive alterações induzidas pela entrada na fase reprodutiva e pela produção de sementes. Isso indica que mais

pesquisas são necessárias para a avaliação de híbridos e cultivares comerciais de sorgos destinados ao corte com objetivo de determinar o melhor momento de utilização desse recurso forrageiro, aliando produtividade e qualidade.

A mutação *bmr-6* provocou reduções de 9,5; 12,4 e 11,1% nos teores de FDA da planta inteira nas idades de 52, 61 e 67 dias, respectivamente, ao passo que na idade de 74 dias não foram observadas diferenças entre os híbridos que compõe o par isogênico normal e mutante *bmr*. Nos colmos e folhas as reduções médias nos teores de FDA provocadas pela mutação *bmr-6* foram de 8,8 e 3,6%, respectivamente. Beck et al. (2007) obtiveram reduções variando de 4 a 10%, dependendo da idade de corte e dos híbridos avaliados, nos teores de FDA de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *bmr*, enquanto Fritz et al. (1988) observaram que a presença da mutação *bmr* levou a uma redução de 8 a 10% no teor de FDA. Trabalhando com capim-sudão normal e mutante *bmr*, Ledgerwood et al. (2009) observaram redução de 4,9% no teor de FDA do capim-sudão mutante *bmr* em relação ao normal, enquanto Gerhardt et al. (1994) observaram redução de 15,2%. Weidig et al. (1987) e Weidig et al. (1988), ao avaliarem as silagens e os fenos produzidos com dois híbridos de sorgo com capim-sudão convencionais e seus pares isogênicos portadores de nervura marrom, não observaram redução nos teores de FDA em função da mutação *bmr*. As variações observadas nos efeitos das mutações *bmr* entre experimentos corrobora com a colocação de Cherney et al. (1991) de que a expressão das mutações *bmr* são frequentemente modificadas pelo ambiente e pela linhagem de células em que é expressada, e justifica a importância de se testar os efeitos desses genes em ambientes diversos.

O processo de lignificação é reconhecido como o principal fator que leva à redução da degradabilidade da parede celular vegetal (Van Soest et al., 1994), portanto qualquer alteração no seu conteúdo pode interferir diretamente com a digestibilidade *in vitro* da MS e da FDN. A interação entre híbrido e idade de corte não foi significativa para os teores de lignina nas diferentes frações da planta ($P>0,05$) (Tabela 5), sendo que nos colmos e folhas essa variável apresentou comportamento quadrático, com ponto de máximo 71,3 dias após o plantio e ponto de mínimo 108,0 dias após o plantio, respectivamente, e na planta inteira não foram observados efeito linear ou quadrático significativo.

Independente da idade de corte, os híbridos BRS 802 e 156x2784 apresentaram teores de lignina na planta inteira, colmos e folhas semelhantes entre si ($P>0,05$) e superiores ao híbrido BR 800 ($P<0,05$), que foi superior ao híbrido BRS 810 (*bmr*) ($P<0,05$). Tomich et al. (2003) avaliaram 25 híbridos de sorgo com capim-sudão e obtiveram, 57 dias após o plantio, teores de lignina na planta inteira variando de 3,8 a 6,5% e um valor médio de 5,1%, enquanto Mello et al. (2003) obtiveram, em um híbrido de sorgo com capim-sudão cortado 50 e 85 dias após o plantio, teores de lignina nas folhas igual a 4,5 e 6,0% e nos colmos igual a 6,6 e 5,8%, respectivamente. Ademosum et al. (1968), avaliando um híbrido de sorgo de corte e pastejo em 12 idades de corte (variando de 52 a 85 dias após o plantio) observaram que o teor de lignina aumentou ao longo dos cortes, variando de 2,6 a 4,6% no primeiro e último corte, respectivamente. Embora existam poucos trabalhos que avaliem o teor de lignina em híbridos de sorgo com capim-sudão ao longo de várias idades de corte, estudos realizados com outras

gramíneas tropicais relacionam o aumento na idade de corte com elevações nos teores de lignina - com conseqüente queda no valor nutritivo - o que não foi observado nesse experimento, indicando que novas pesquisas são necessárias a fim de determinar-se o melhor momento de colheita dessa forrageira.

Tabela 5: Teores de lignina, em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74			
	Lignina Planta Inteira (% da MS) ¹				Média		
BR 800	3,32	2,99	4,39	4,04	3,69 ^B		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	2,62	2,33	2,55	2,47	2,49 ^C		
BRS 802	4,68	4,26	4,61	4,14	4,42 ^A	-	NS
156x2784	4,22	3,47	4,75	4,21	4,16 ^A		
	Lignina Colmo (% da MS) ²						
BR 800	2,59	3,24	3,86	3,93	3,41 ^B		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	1,87	2,24	2,58	2,07	2,19 ^C		
BRS 802	3,53	4,52	5,14	3,73	4,19 ^A	$Y = -19,498 + 0,713 X - 0,005 X^2$	90,9 < 0,01
156x2784	3,65	4,43	4,60	4,06	4,23 ^A		
	Lignina Folha (% da MS) ³						
BR 800	2,44	1,87	1,89	1,64	1,96 ^B		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	1,84	1,45	1,09	1,42	1,45 ^C		
BRS 802	3,07	2,38	2,69	1,84	2,50 ^A	$Y = 9,780 - 0,216 X + 0,001 X^2$	93,76 < 0,05
156x2784	2,75	2,11	2,20	2,13	2,30 ^A		

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 12,68%; ² CV = 12,49%; ³ CV = 14,97%. NS = não significativo.

A mutação *bmr-6* provocou reduções médias de 43,7; 47,7 e 42,0% nos teores de lignina da planta inteira, colmos e folhas, respectivamente. Oba e Allen (2000) obtiveram redução de 35% nos teores de lignina e maiores digestibilidades *in vitro* da MS (78,2% x 83,3%) e da FDN (46,5% x 55,9%) no milho mutante *bm₃* em relação ao seu par isogênico normal. Ebling e Kung Jr. (2004) compararam o valor nutritivo das silagens de milho normal e mutante *bmr* e não foram observadas diferenças nos teores de FDN e FDA, porém o material mutante

apresentou uma redução de 65% no teor de lignina em comparação ao híbrido normal. Essa menor concentração de lignina proporcionou uma maior degradação *in situ* da FDN, que foi de 54% para o híbrido mutante e de 39% para o híbrido normal. Weidig et al. (1987) ao avaliarem as silagens produzidas com dois pares de híbridos de sorgo com capim-sudão convencionais e seus pares isogênicos portadores de nervura marrom, observaram reduções de 33,3 e 27,0% nos teores de lignina em cada um dos híbridos mutantes em relação aos seus pares normais. Quando forneceram para novilhas as silagens dos dois pares isogênicos, em apenas um deles foram observados maiores coeficientes de digestibilidade aparente da matéria orgânica (54,6% x 64,2%), FDN (55,7% x 65,6%), FDA (54,1% x 62,3), celulose (63,4% x 71,1%) e hemiceluloses (55,5% x 68,1%) no híbrido mutante em relação ao seu par isogênico normal.

A interação entre híbrido e idade de corte foi significativa ($P < 0,05$) para a DIVMS (Tabela 6) da planta inteira, sendo que os híbridos BR 800, BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 apresentaram efeito quadrático com pontos de mínimo em 65,5; 64,0 e 62,8 dias após o plantio, respectivamente, e o híbrido 156x2784 não apresentou efeito linear ou quadrático significativo. Já nas DIVMS dos colmos e das folhas essa interação não foi significativa ($P > 0,05$), sendo que nas duas frações foram observados efeitos quadráticos com pontos de mínimo em 62,69 e 62,75 dias após o plantio, respectivamente.

Em relação à DIVMS da planta inteira, 52 dias após o plantio os híbridos BRS 802 e 156x2784 apresentaram valores de DIVMS semelhantes entre si ($P > 0,05$) e inferiores ao híbrido BR 800 ($P < 0,05$), que também foi inferior ao híbrido BRS 810 (*bmr*) ($P < 0,05$). Aos 61 dias após o plantio o híbrido BRS 802 apresentou valor inferior aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Aos 67 dias após o plantio o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou valor superior aos híbridos BRS 802 e 156x2784 ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$), enquanto o híbrido BR 800 apresentou valor intermediário mas semelhante aos demais ($P > 0,05$). Aos 74 dias após o plantio o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou maior DIVMS da planta inteira em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Em relação à DIVMS dos colmos, o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou valor superior aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P < 0,05$), independente da idade de corte. Em relação à DIVMS das folhas, independente da idade de corte, o híbrido BR 800 apresentou valor superior aos híbridos BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 ($P < 0,05$), o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou valor superior ao híbrido BRS 802 ($P < 0,05$), enquanto o híbrido 156x2784 apresentou valor intermediário mas semelhante aos híbridos BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 ($P > 0,05$).

Tomich (2003) avaliou doze híbridos de sorgo com capim-sudão em três cortes sucessivos (44 dias após o plantio, 30 e 31 dias de rebrota) e observou valores médios de DIVMS da planta inteira de 66,2; 67,2 e 65,6%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Os resultados obtidos por este autor estão acima dos encontrados no presente trabalho, provavelmente em função dos diferentes estádios vegetativos. Mello et al. (2003) obtiveram, em um híbrido de sorgo com capim-sudão cortado 50 e 85 dias após o plantio, DIVMS das

folhas igual a 57,97 e 57,95% e nos colmos igual a 66,45 e 60,95%, respectivamente, valores mais próximos aos obtidos nesses experimento.

Tabela 6: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Média	Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74				
DIVMS Planta Inteira (% da MS) ¹								
BR 800	58,1 ^B	53,5 ^A	53,6 ^{AB}	54,9 ^B	-	$Y = 165,038 - 3,406X + 0,026X^2$	98,9	< 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	61,3 ^A	52,0 ^A	55,7 ^A	57,5 ^A	-	$Y = 262,903 - 6,529X + 0,051X^2$	82,3	< 0,01
BRS 802	53,2 ^C	49,2 ^B	50,7 ^B	54,7 ^B	-	$Y = 193,409 - 4,646X + 0,037X^2$	98,8	< 0,01
156x2784	53,1 ^C	53,2 ^A	50,6 ^B	54,0 ^B	-	-	-	NS
DIVMS Colmo (% da MS) ²								
BR 800	56,3	55,9	52,7	57,2	55,5 ^B	$Y = 169,260 - 3,636X + 0,029X^2$	69,8	< 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	63,8	62,9	58,1	62,2	61,8 ^A			
BRS 802	54,7	53,1	51,4	57,5	54,2 ^B			
156x2784	56,4	52,6	52,1	57,4	54,6 ^B			
DIVMS Folha (% da MS) ³								
BR 800	61,6	59,5	57,6	61,8	60,1 ^A	$Y = 121,362 - 2,008X + 0,016X^2$	98,3	< 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	58,6	59,1	58,2	58,2	58,5 ^B			
BRS 802	58,5	54,8	55,9	56,2	56,4 ^C			
156x2784	58,6	54,6	57,6	57,7	57,1 ^{BC}			

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 3,38%; ² CV = 4,21%; ³ CV = 3,66%. NS = não significativo.

A DIVMS apresentou correlação negativa com os teores de FDN ($r = -0,60$; $P < 0,001$), FDA ($r = -0,35$; $P < 0,001$) e lignina ($r = -0,43$; $P < 0,001$). Plantas forrageiras frequentemente apresentam altos teores de carboidratos estruturais e baixa digestibilidade, o que limita a disponibilidade de energia e o consumo de matéria seca por animais que recebem dietas ricas em volumosos (Jung e Allen, 1995). Em função disso, existe um grande esforço entre melhoristas de plantas e nutricionistas de ruminantes no sentido de desenvolver cultivares de forrageiras que apresentem altos valores de digestibilidade, destacando-se a introdução das

mutações *bmr*, que geralmente conferem maiores digestibilidade da MS e das frações fibrosas. Nesse experimento, a mutação *bmr-6* provocou aumentos de 15,2; 5,7; 9,9 e 5,5% nas DIVMS da planta inteira nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias, respectivamente. Nos colmos e folhas os aumentos médios nas DIVMS provocados pela mutação *bmr-6* foram de 14,0 e 3,7%, respectivamente. Beck et al. (2007) observaram que a mutação *bmr* provocou aumentos nas degradabilidades efetivas da MS, avaliadas *in situ*, em híbridos de sorgo com capim-sudão colhidos 34, 48 e 63 dias após o corte. Oba e Allen (2000) obtiveram aumento de 6,1% na DIVMS no milho mutante *bmr* em relação ao seu par isogênico normal. Esses resultados revelam o potencial da utilização das mutações *bmr* como forma de aumentar a digestibilidade de híbridos de sorgo com capim-sudão.

A interação entre híbrido e idade de corte foi significativa ($P < 0,05$) para a DIVFDN (Tabela 7) da planta inteira, sendo que os híbridos BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 apresentaram efeito quadrático com pontos de mínimo em 67,0 e 72,9 dias após o plantio, respectivamente, e os híbridos BR 800 e 156x2784 apresentaram efeito linear decrescente, com reduções diárias de 0,48 e 0,34%, respectivamente. Essa interação também foi significativa ($P < 0,05$) para a DIVFDN das folhas, em que o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou efeito quadrático com ponto de máximo em 62,8 dias após o plantio, o híbrido BRS 802 apresentou efeito linear decrescente com redução diária de 0,30% e os híbridos BR 800 e 156x2784 não apresentaram efeito linear ou quadrático significativo. Em relação à DIVFDN dos colmos, a interação entre híbrido e idade corte não foi significativa ($P > 0,05$), sendo que os híbridos apresentaram efeito quadrático com ponto de mínimo em 74,5 dias após o plantio.

Em relação à DIVFDN da planta inteira, nas idades de 52 e 74 dias após o plantio o híbrido BR 800 apresentou valor inferior ao híbrido BRS 810 (*bmr*) e superior aos híbridos BRS 802 e 156x2784 ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Aos 61 dias após o plantio o híbrido BR 800 destacou-se por apresentar maior DIVMS em relação aos demais ($P < 0,05$) e os híbridos BRS 810 (*bmr*) e 156x2784 apresentaram valores semelhantes entre si ($P > 0,05$) e superiores ao BRS 802 ($P < 0,05$). Aos 67 dias após o plantio o híbrido BRS 802 apresentou menor DIVFDN em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Em relação à DIVFDN dos colmos, o híbrido BRS 810 (*bmr*) destacou-se por apresentar maior DIVMS em relação aos demais ($P < 0,05$) e os híbridos BR 800 e 156x2784 apresentaram valores semelhantes entre si ($P > 0,05$) e superiores ao BRS 802 ($P < 0,05$), independente da idade de corte. Em relação à DIVFDN das folhas, nas idades de 52 e 74 dias após o plantio o híbrido BR 800 apresentou maior DIVFDN em relação aos demais híbridos ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P < 0,05$). Nas idades de 61 e 67 dias os híbridos BR 800 e BRS 810 (*bmr*) apresentaram valores semelhantes entre si ($P > 0,05$) e superiores aos híbridos BRS 802 e 156x2784 ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

De acordo com Oba e Allen (1999a), a digestibilidade da FDN é um parâmetro muito importante na avaliação da qualidade das forragens. A fração fibrosa dos alimentos é fermentada lentamente e é retida no rúmen por mais tempo que as frações não fibrosas, causando o efeito de enchimento ruminal. Como esse efeito frequentemente limita o consumo de MS, um desaparecimento mais rápido da FDN, em função de uma maior taxa de

degradação ou de passagem dessa fração, reduz o efeito de enchimento ruminal e possibilita um maior consumo voluntário. Além disso, uma fração fibrosa mais digestível aumenta a densidade energética da dieta e a produção de proteína microbiana. De acordo com dados publicados por esses autores em outro trabalho, um aumento na digestibilidade da FDN em uma unidade percentual resulta em um aumento potencial do consumo de matéria seca em 0,17 kg/dia e da produção de leite corrigido para 4% de gordura em 0,25 kg/dia (Oba e Allen, 1999b).

Tabela 7: Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), em porcentagem da FDN, das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Média	Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74				
DIVFDN Planta Inteira (% da FDN) ¹								
BR 800	53,4 ^B	46,4 ^A	45,4 ^A	42,5 ^B	-	$Y = 77,469 - 0,481 X$	93,3	< 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	56,8 ^A	43,5 ^B	47,4 ^A	46,3 ^A	-	$Y = 285,985 - 7,238 X + 0,054 X^2$	82,9	< 0,01
BRS 802	47,3 ^C	39,8 ^C	41,3 ^B	38,7 ^C	-	$Y = 143,508 - 2,914 X + 0,020 X^2$	86,3	< 0,05
156x2784	46,2 ^C	43,6 ^B	41,4 ^B	38,7 ^C	-	$Y = 64,154 - 0,342 X$	99,4	< 0,01
DIVFDN Colmo (% da FDN) ²								
BR 800	45,8	46,6	39,3	40,6	43,1 ^B			
BRS 810 (<i>bmr</i>)	55,1	52,3	44,5	45,7	49,4 ^A	$Y = 115,129 - 1,938 X + 0,013 X^2$	80,1	< 0,05
BRS 802	43,2	40,4	35,7	38,4	39,4 ^C			
156x2784	46,8	42,3	37,7	39,0	41,4 ^B			
DIVFDN Folha (% da FDN) ³								
BR 800	61,5 ^A	60,0 ^A	56,1 ^A	59,6 ^A	-	-	-	NS
BRS 810 (<i>bmr</i>)	54,6 ^B	57,7 ^A	56,6 ^A	53,1 ^B	-	$Y = -58,883 + 3,768 X - 0,030 X^2$	99,7	< 0,01
BRS 802	56,4 ^B	50,7 ^B	50,9 ^B	49,5 ^B	-	$Y = 70,992 - 0,301 X$	81,1	< 0,01
156x2784	54,5 ^B	53,9 ^B	55,6 ^A	52,3 ^B	-	-	-	NS

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 5,07%; ² CV = 5,65%; ³ CV = 4,56%. NS = não significativo.

A mutação *bmr-6* provocou aumentos de 20,1; 9,3; 14,8 e 19,6% nas DIVFDN da planta inteira nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias, respectivamente. Nos colmos o aumento médio na

DIVFDN provocado pela mutação *bmr-6* foi de 25,4%, enquanto nas folhas só foram observados aumentos na DIVFDN nas idades de 61 e 67 dias, que foram de 13,8 e 11,2%, respectivamente. Os aumentos na digestibilidade provocados pela mutação *bmr-6* foram maiores na FDN do que na MS, o que está de acordo a informação de Van Soest (1994) de que a lignina exerce seu efeito inibitório apenas sobre a digestibilidade dos componentes da parede celular, e não do conteúdo celular. Nesse experimento a DIVFDN correlacionou-se negativamente com os teores de lignina na planta inteira ($r = -0,40$; $P < 0,001$) e nos colmos ($r = -0,59$; $P < 0,001$).

Casler et al. (2003) avaliaram o valor nutritivo de dois cultivares de capim-sudão mutantes *bmr-6* e de seus pares isogênicos normais em dois cortes sucessivos e observaram um aumento de 7,2% na DIVFDN dos cultivares mutantes, enquanto Oba e Allen (2000) obtiveram aumento de 20,2% nesse parâmetro (46,5% x 55,9%) no milho mutante *bm₃* em relação ao seu par isogênico normal. Ledgerwood et al. (2009) avaliaram a DIVFDN dos fenos de um par isogênico de capim-sudão normal e mutante *bmr*. Quando esse parâmetro foi avaliado nos tempos de incubação de 24, 48 e 72 horas a mutação *bmr* aumentou em até 8,8% os seus valores, o que não ocorreu no tempo de incubação de 12 horas, provavelmente em função de que a maior inibição da degradação pela lignina ocorre nas frações fibrosas, que são degradadas em maiores tempos de incubação. Quando esses autores forneceram esses fenos para ovelhas em um ensaio de digestibilidade aparente, a mutação *bmr* provocou aumentos de 4,1 e 8,3% nas digestibilidades *in vivo* da matéria orgânica e da FDN, respectivamente. Beck et al. (2007) observaram que a mutação *bmr* provocou aumentos nas degradabilidades efetivas da MS, avaliadas *in situ*, em híbridos de sorgo com capim-sudão colhidos em três idades de corte. Esses aumentos foram de 5,8; 12,5 e 21,7%, respectivamente para as idades de corte de 34, 48 e 63 dias, mostrando que, nesse caso, o efeito da mutação *bmr* foi maior em idades mais avançadas, provavelmente em função de maior acúmulo de carboidratos fibrosos nessas idades.

Não houve interação entre híbrido e idade de corte para o teor de proteína bruta (PB) nas diferentes frações ($P > 0,05$) (Tabela 8), sendo que na planta inteira e nas folhas foram observados efeitos quadráticos com pontos de máximo em 55,8 e 63,0 dias após o plantio, respectivamente, e nos colmos foi observado efeito linear decrescente com redução diária de 0,13%. Em relação aos teores de PB da planta inteira o híbrido BR 800 destacou-se por apresentar valores superiores aos demais ($P < 0,05$) e o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou valores superiores aos híbridos BRS 802 e 156x2784 ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Em relação aos teores de PB dos colmos o híbrido BR 800 destacou-se por apresentar valores superiores aos demais ($P < 0,05$) e os híbridos BRS 810 (*bmr*) e 156x2784 apresentaram valores semelhantes entre si ($P < 0,05$) e superiores ao híbrido BRS 802 ($P < 0,05$). Em relação aos teores de PB das folhas os híbridos BR 800 e 156x2784 apresentaram valores semelhantes entre si ($P > 0,05$) e superiores aos demais híbridos ($P < 0,05$), que também não diferiram entre si ($P > 0,05$). Em todos os cortes realizados os híbridos avaliados apresentaram teores de PB superiores aos classificados como críticos para o atendimento dos requisitos de nitrogênio para a flora ruminal e para um bom funcionamento de rúmen.

Ademosum et al. (1968), avaliando um híbrido de sorgo de corte e pastejo em 12 idades de corte (variando de 52 a 85 dias após o plantio) observaram que o teor de PB diminuiu ao longo dos cortes, variando de 19,6 a 10,3%, já Beck et al. (2007) observaram valores de PB iguais a 12,6; 9,7; 6,9; 5,0 e 4,3% quando um híbrido de sorgo com capim-sudão foi submetido ao corte 34, 41, 48, 55 e 63 dias após o plantio, respectivamente, embora esses autores não tenham realizado análise de regressão dos teores de PB em função da idade de corte. Neumann et al. (2010), avaliando híbridos de sorgo com capim-sudão em quatro idades de corte (variando de 40 a 145 dias após o plantio) observaram efeito quadrático nos teores de PB da planta inteira e dos colmos do híbrido BR 800, com ponto de mínimo aos 109,9 e 103,5 dias após o plantio, respectivamente e efeito linear decrescente no teor de PB das folhas, com redução diária de 0,08%.

Avaliando um híbrido de sorgo com capim-sudão manejado a uma altura média de 95,4 cm, Cunningham e Ragland (1971) obtiveram teor de proteína igual a 16,5%, superior ao obtido nesse experimento, enquanto Ribas (2010) obteve, avaliando 25 híbridos de sorgo com capim-sudão em dois cortes sucessivos (51 dias após o plantio e 31 dias após o primeiro corte), teores de PB variando de 9,9 a 14,9% com um valor médio de 12,2% no primeiro corte e variando de 12,5 a 19,5% com um valor médio de 16,2% na rebrota. De acordo com esse autor, esses maiores valores obtidos no segundo corte podem ser justificados pela menor idade das plantas na rebrota. Já Tomich et al. (2003) avaliaram 25 híbridos de sorgo com capim-sudão e obtiveram, 57 dias após o plantio, teores de PB variando de 10,8 a 14,2% e um valor médio de 12,3%, valores próximos aos observados nesse trabalho. De acordo com os autores esses teores de PB estão acima dos frequentemente observados para outros recursos forrageiros utilizados como alternativas às pastagens, como as silagens de milho e sorgo, e de outras forrageiras utilizadas em regime de corte, como a cana-de-açúcar e o capim-elefante, o que ressalta o potencial dos híbridos de sorgo com capim-sudão como alternativa para produção de forragem durante os períodos de queda na oferta e na qualidade das pastagens.

O híbrido mutante *bmr-6* apresentou aproximadamente 21% a mais de PB na planta inteira e nos colmos em relação ao seu par isogênico normal, sendo que nas folhas não foram observadas diferenças entre eles. Essa resposta nem sempre é observada nos experimentos que comparam plantas isogênicas normais e mutantes *bmr*. Wedig et al. (1988), avaliando dois pares isogênicos de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes *bmr*, obtiveram um aumento de 13,4% no teor de proteína bruta em um dos híbridos mutantes em relação ao seu par normal, sendo que no outro par não foram observadas diferenças nessa variável. Ribas (2010) avaliou seis pares isogênicos de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes *bmr-6* em dois cortes sucessivos. No primeiro corte não foram observadas diferenças nos teores de PB das plantas que compunham os pares, porém, no segundo corte, em três dos seis pares os teores de PB dos híbridos mutantes foram superiores aos dos híbridos normais, enquanto Ferreira (2008), avaliando três pares isogênicos de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes *bmr-6* também em dois cortes sucessivos, observou aumento nos teores de PB em apenas dois híbridos mutantes e apenas no primeiro corte. O autor sugere que, apesar do observado, os aumentos nos teores de PB não devem ser

creditados ao efeito direto da mutação *bmr*, mas sim às diferenças de acúmulo de MS entre as linhagens isogênicas.

Tabela 8: Teores de proteína bruta (PB), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, colmos e folhas e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74			
	PB Planta Inteira (% da MS) ¹				Média		
BR 800	14,16	13,48	12,13	10,08	12,46 ^A		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	12,04	12,13	11,79	10,80	11,69 ^B	$Y = -13,772 + 0,893 X - 0,008 X^2$	98,8 < 0,01
BRS 802	9,81	10,09	10,10	8,67	9,67 ^C		
156x2784	10,54	10,76	10,92	8,99	10,30 ^C		
	PB Colmo (% da MS) ²						
BR 800	10,98	9,45	8,34	6,88	8,91 ^A		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	9,28	6,54	7,63	7,17	7,66 ^B	$Y = 15,699 - 0,128 X$	92,8 < 0,01
BRS 802	8,04	5,82	5,99	5,56	6,35 ^C		
156x2784	8,91	7,79	6,79	5,86	7,34 ^B		
	PB Folha (% da MS) ³						
BR 800	17,05	20,56	18,47	19,31	18,84 ^A		
BRS 810 (<i>bmr</i>)	16,18	16,97	17,26	15,90	16,56 ^B	$Y = -31,045 + 1,511 X - 0,012 X^2$	96,0 < 0,01
BRS 802	15,10	16,52	16,80	16,33	16,19 ^B		
156x2784	16,47	19,12	19,64	18,50	18,43 ^A		

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 8,73%; ² CV = 12,98%; ³ CV = 5,64%.

4.4 CONCLUSÕES

A mutação *bmr-6* provocou aumento do valor nutritivo em função da redução dos teores de FDN, FDA e lignina e aumento do teor de PB e da digestibilidade *in vitro* da MS e da FDN.

O híbrido BR 800 destacou-se em relação aos demais híbridos convencionais por apresentar menores teores de FDA e lignina e maior digestibilidade *in vitro* da FDN.

O híbrido BR 800 apresentou, aos 61 e 67 dias após o plantio, digestibilidades *in vitro* da MS e da FDN semelhantes ou até superiores às do híbrido BRS 810 (*bmr*), indicando que a seleção de materiais mais digestíveis é possível por outros meios além das mutações *bmr*.

A decisão do ponto de colheita deve ser realizada associando o valor nutritivo às características produtivas e à categoria animal que será utilizada, pois em todas as idades de corte o valor nutritivo dos híbridos de sorgo com capim-sudão pode ser considerado satisfatório.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEMOSUM, A.A., BAUMGARDT, B.R., SCHOLL, J.M. Evaluation of a sorghum-sudangrass hybrid at varying stages of maturity on the basis of intake, digestibility and chemical composition. *Journal of Animal Science*. v.27,n.3, p.818-823, 1968.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis*. 13ed. Washington: AOAC, 1980, 1015p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis*. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.
- BECK, P. A.; HUTCHINSON, S.; GUNTER, S. A. et al. Chemical composition and *in situ* dry matter and fiber disappearance of sorghum x sudangrass hybrids. *Journal of Animal Science*, v. 85, n. 2, p.545-555, 2007.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R.; AKIN, D. E. et al. Potential of brown-midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Advanced Agronomy*, v.46, p.157–198, 1991.
- CHERNEY, D. J; PATTERSON, A. J.; JOHNSON, K. D. Digestibility and feeding value of pearl millet as influenced by the brown-midrib, low-lignin trait. *Journal of Animal Science*, v. 68, n. 12, p.4345-4351, 1990.
- CUNNINGHAM, M. D.; RAGLAND, W. W. Plant Composition and Feeding Value of Sudangrass and Sorghum-Sudangrass in a Controlled Grazing System. *Journal of Dairy Science*, v. 54, n. 10, p.1461-1464, 1971.
- EBLING, T. L.; KUNG JR, L. A comparison of processed conventional corn silage to unprocessed and processed brown midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 87, n. 8, p.2519-2526, 2004.

FERREIRA, D.A. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim sudão portadores de nervura marrom, submetidos a cortes sucessivos*. 2008. 78p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

FRITZ, J. O.; MOORE, K. J.; JASTER, E. H. In situ digestion kinetics and ruminal turnover rates of normal and brown midrib mutant sorghum x sudangrass hays fed to nonlactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v. 71, n. 12, p.3345-3351, 1988.

GERHARDT, R. L.; FRITZ, J. O.; MOORE, K. J. et al. Digestion kinetics and composition of normal and brown midrib sorghum morphological components. *Crop Science*, v. 34, n. 5, p.203-223, 1994.

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.

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

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, n.9, p.2774-2790, 1995.

LEDGERWOOD, D. N.; DEPETERS, E. J.; ROBINSON, P. H. et al. Assessment of a brown midrib (BMR) mutant gene on the nutritive value of sudangrass using in vitro and in vivo techniques. *Animal Feed Science and Technology*, v. 150, n. , p.207-222, 2009

McDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Mallow: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

MELLO, R.; NORNBORG, J. L.; ROCHA, M. G. et al. Análise produtiva e qualitativa de um híbrido de sorgo interespecífico submetido a dois cortes. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 2, n. 1, p.20-33, 2003.

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.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C. National Academy of Science, National Academy Press. 1989, 157p.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NORNBORG, J. L. et al. Efeito associativo do espaçamento entre linhas de plantio, densidade de plantas e idade sobre o desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 7, n. 2, p.165-181, 2008.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; SOUZA, A .N. M. et al. Desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) em manejo de cortes. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 9, n. 3, p. 10-15, 2010.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.82, p.135-142, 1999a.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of digestibility of NDF from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 589–596, 1999b.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of Brown Midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.1333-1341, 2000.

RIBAS, M. N. *Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes BMR – portadores de nervura marrom*. 2010. 138p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

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

RODRIGUES, J. A. S. Utilização de forragem fresca de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) sob condições de corte e pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2000, UFLA. Lavras, *Anais...* Lavras: UFLA, 2000. p.179-201

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. 104-112, 1963.

TOMICH, T. R. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim sudão avaliados em regime de cortes*. 2003. 88p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M. et al. Composição química e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 55, n. 6, p.747-755, 2003.

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

WORKER Jr., G. F. Sudangrass and sudangrass hybrids responses to row spacing and plant maturity on yield and chemical composition. *Agronomy Journal*. v.65, n.6, p.975-977, 1973.

WEDIG, C. L.; JASTER, E. H.; MOORE, K. J. et al. Rumen turnover and digestion of normal and brown midrib sorghum sudangrass hybrid silages in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 70, p.1220-1227, 1987.

WEDIG, C. L.; JASTER, E. H.; MOORE, K. J. Effect of brown midrib and normal genotype of sorghum x sudangrass on ruminal fluid and particulate rate of passage from the rumen and extent of digestion at various sites along the gastrointestinal tract in sheep. *Journal of Animal Science*, v. 66, p.559-565, 1988.

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

CAPÍTULO V - CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE QUATRO HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTE *BMR*, AVALIADOS EM QUATRO IDADES DE CORTE

5.1 INTRODUÇÃO

Características agronômicas favoráveis como rápido estabelecimento e crescimento, alta capacidade de rebrote e perfilhamento, alto potencial produtivo, tolerância à seca e alto valor nutritivo têm estimulado o uso de híbridos de sorgo com capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) como uma alternativa para a produção de forragem no Brasil, principalmente nos períodos de escassez de outros recursos forrageiros.

A determinação da qualidade nutricional das forrageiras é importante e complexa, sendo que frequentemente são utilizados ensaios *in vivo* como método para determinar o valor nutritivo desses alimentos. Entretanto, esses ensaios requerem uso de grande quantidade de animais, alimentos, mão-de-obra, tempo e possuem alto custo de execução, o que limita a sua utilização. As técnicas de produção de gases *in vitro* têm estimulado o interesse por parte dos pesquisadores devido, entre outras vantagens, ao baixo custo, a possibilidade de avaliação de vários substratos simultaneamente, a necessidade de número reduzido de animais e ao fato de possibilitar o estudo da cinética de fermentação e permitir a detecção da contribuição das frações solúveis e insolúveis dos alimentos para a fermentação ruminal. A mutação *bmr*, introduzida de forma artificial no sorgo na década de 1970, é responsável por uma redução nos teores de lignina e alterações na sua composição monomérica, o que normalmente resulta em um aumento significativo no potencial de degradação da parede celular das plantas mutantes.

A caracterização da cinética de fermentação ruminal de plantas convencionais e mutantes *bmr*, oriundas de programas de seleção, pode contribuir com os esforços de melhoristas e nutricionistas para desenvolver forrageiras que apresentem alto valor nutritivo. Objetivou-se avaliar a cinética de fermentação e a degradabilidade *in vitro* de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *bmr*, submetidos ao corte em quatro idades e os efeitos da mutação *bmr-6* sobre esses parâmetros.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse experimento foram utilizadas amostras das plantas inteiras do mesmo material descrito no Capítulo III. Para descrever a cinética de fermentação e a degradabilidade da matéria seca utilizou-se a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. Foi utilizada a técnica descrita por Maurício et al. (1999), porém adaptada para utilização das bolsas Ankom F57 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA), o que gerou a necessidade de reduzir pela metade a quantidade de amostra e, conseqüentemente, a quantidade de meio de cultura e de inóculo

também foram reduzidas pela metade, mantendo-se a mesma relação amostra/meio de cultura/inóculo.

Meio grama de amostra foi pesado dentro das bolsas Ankom F57, que foram seladas e introduzidas em frascos de fermentação (160 ml) previamente injetados com CO₂. Foram utilizados dois frascos por amostra e 12 frascos contendo apenas líquido ruminal e meio de cultura (brancos), totalizando 140 frascos. Em cada frasco adicionou-se manualmente, com auxílio de uma seringa, 45 ml de meio de cultura (Theodorou et al., 1994) composto por: solução macromineral (9,5 g/l de Na₂HPO₄.2H₂O, 6,2 g/l de KH₂PO₄ e 0,6 g/l MgSO₄.7H₂O), solução micromineral (132 g/l de CaCl₂.2H₂O, 100 g/l de MnCl₂.2H₂O, 10 g/l de CoCl₂.6H₂O e 80 g/l de FeCl₃.6H₂O) solução tampão (4 g/l de NH₄CO₃ e 35 g/l de NaHCO₃), 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 Na₂S.9H₂O).

Os frascos foram vedados com rolhas de silicone e, para evitar que qualquer fermentação ocorresse, foram mantidos a 4°C durante a noite. Cinco horas antes da inoculação os frascos foram transferidos para a estufa a 39°C. A inoculação foi feita utilizando três inóculos coletados de três novilhas mestiças (Holandês x Gir), fistuladas no rúmen e com peso médio de 400 kg. Os animais eram mantidos em piquetes e recebiam silagem de milho *ad libitum* e concentrado comercial com 18% de PB, para nível de manutenção. Os líquidos ruminais foram retirados via fístula em várias partes do rúmen e armazenados em garrafas térmicas previamente aquecidas. No laboratório os inóculos foram filtrados e misturados, a fim de produzir um *pool* dos três inóculos, que foi mantido em banho maria a 39°C sob injeção contínua de CO₂. Cinco ml do *pool* dos três inóculos foi injetado nos frascos que foram imediatamente levados para a estufa a 39°C. A pressão gerada pelos gases acumulados na parte superior dos frascos foi medida por meio de um transdutor (T443A, Bailey e Mackey, Inglaterra) acoplado a uma agulha. As leituras de pressão foram realizadas em uma maior frequência durante o período inicial de fermentação e maiores intervalos posteriormente, nos tempos de 2, 4, 6, 9, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 horas de incubação.

Para transformação dos dados de pressão em volume foi necessário realizar um experimento piloto, pois a equação proposta por Mauricio et al. (2003) foi desenvolvida utilizando-se um grama de amostra, 90 ml de meio de cultura e 10 ml de inóculo ruminal. Para tanto, foram utilizadas amostras (0,5 g) de colmos, folhas, panículas e plantas inteiras da variedade de sorgo BRS 506 acondicionadas em bolsas Ankom F57, 45 ml de meio de cultura e 5 ml de inóculo ruminal. Uma seringa de 60 ml foi acoplada ao transdutor de pressão por meio de uma válvula de equipo de três saídas, de forma que, assim que era realizada a leitura da pressão, girava-se a válvula e o gás empurrava o êmbolo da seringa, permitindo a leitura do volume de gases (Figura 1). Dessa forma, foram gerados 574 dados de pressão e volume simultaneamente. Esses dados foram submetidos à análise de regressão a fim de obter-se a equação da relação entre o volume de gases produzido em função da pressão observada. Foi utilizado o procedimento “Regressão polinomial” do programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), segundo Euclides (1983).

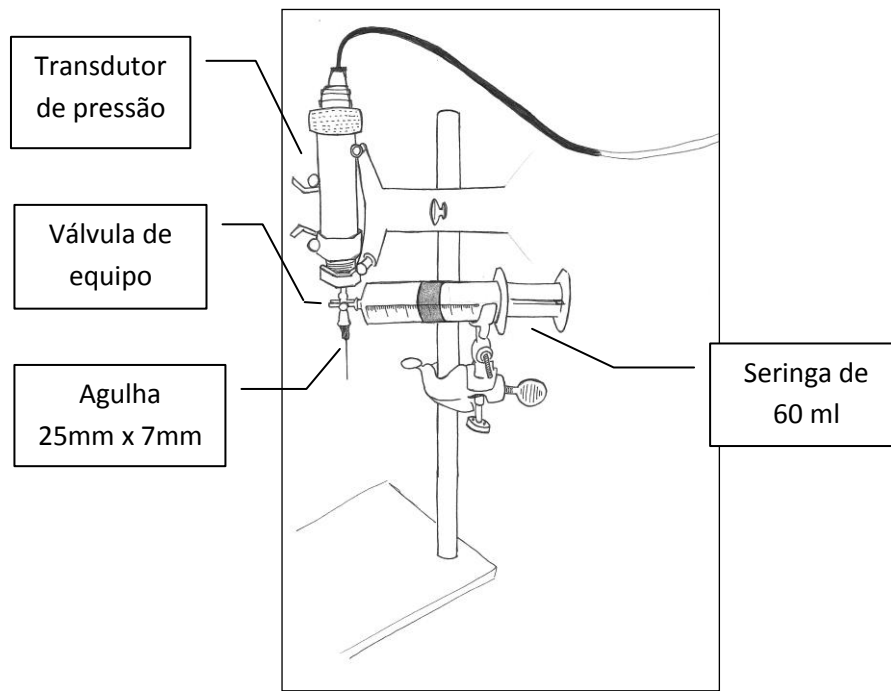


Figura 1: Desenho esquemático do transdutor de pressão acoplado a seringa para medir a pressão e o volume de gases produzido (sem escala).

A degradabilidade *in vitro* da matéria seca após 96 horas de fermentação (DEIVMS) foi obtida pesando-se as bolsas contendo os resíduos da degradação após secagem a 105°C por 12 horas.

Para a descrição da cinética de fermentação foi utilizado o modelo logístico bicompartimental de Schofield et al. (1994):

$$V = \left(\frac{Vf1}{1 + \exp(2 - 4 * (k1 * (t - L)))} \right) + \left(\frac{Vf2}{1 + \exp(2 - 4 * (k2 * (t - L)))} \right)$$

em que,

V = volume total de gases (ml);

$Vf1$ = volume máximo de gases do *pool* de carboidratos não fibrosos (CNF) (ml);

$k1$ = taxa de produção de gases dos CNF (ml/h);

$Vf2$ = volume máximo de gases do *pool* de carboidratos fibrosos (CF) (ml);

$k2$ = taxa de produção de gases dos CF (ml/h);

t = tempo de incubação (h);

L = tempo de colonização (h)

Para a comparação dos modelos gerados foi utilizado o teste de identidade de modelos (Regazzi e Silva, 2004) utilizando-se a estatística F para obtenção de modelos únicos ajustados a um ou mais tratamentos, com nível de significância igual a 5%.

Os dados de produção cumulativa de gases foram analisados por época de corte, em um delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, de acordo com o seguinte quadro de análise de variância e modelo estatístico:

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total (Parcelas)	15
Blocos	3
Híbridos	3
Erro (A)	9
Total (Subparcelas)	95
Tempo de Incubação	5
Híbrido x Tempo de Incubação	15
Erro (B)	60

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + B_j + T_k + (H * T)_{ik} + e_{ijk}$$

em que,

Y_{ijk} = valor referente à observação do híbrido “i”, no bloco “j”, no tempo de incubação “k”;

μ = média geral;

H_i = efeito dos híbridos “i” (i = 1, 2, 3,4);

B_k = efeito do bloco “j” (k = 1, 2, 3, 4)

T_k = efeito do tempo de incubação “k” (k = 6, 12, 24, 48, 72 e 96)

$(H * T)_{ik}$ = efeito da interação do híbrido “i” com o tempo de incubação “k”;

e_{ijk} = erro aleatório associada à observação.

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do software SISVAR (Ferreira, 2000). A comparação entre híbridos em cada idade de corte foi realizada utilizando-se o teste de Student-Newman-Keuls (SNK) com nível de significância igual a 5%.

Para análise dos dados de DEIVMS utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em arranjo fatorial, com quatro híbridos, quatro idades de corte e quatro canteiros (blocos), de acordo com o seguinte quadro de análise de variância e modelo estatístico:

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Total	63
Blocos	3
Híbridos	3
Idade de corte	3
Híbrido x Idade de corte	9
Erro	45

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + C_j + B_k + (H * C)_{ij} + e_{ijk}$$

em que,

Y_{ijk} = valor referente à observação do híbrido “i”, na idade de corte “j”, no bloco “k”;

μ = média geral;

H_i = efeito dos híbridos “i” (i = 1, 2, 3,4);

C_j = efeito da idade de corte “j” (j = 1, 2, 3, 4);

B_k = efeito do bloco “k” (k = 1, 2, 3, 4)

$(H * C)_{ij}$ = efeito da interação do híbrido “i” com o corte “j”;

e_{ijk} = erro aleatório associada à observação.

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do software SISVAR (Ferreira, 2000). A comparação entre híbridos em cada idade de corte foi realizada utilizando-se o teste de Student-Newman-Keuls (SNK) com nível de significância igual a 5%. Para a avaliação de cada híbrido 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).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio para obtenção da nova equação entre pressão e volume os valores de pressão variaram de 0 a 4,67 psi e os de volume de 0 a 38 ml (Figura 2). A faixa de pressão obtida está dentro das recomendações de Theodorou et al. (1994), pois esses autores verificaram que valores de pressão acima de 7,0 psi causam instabilidade na correlação entre essas variáveis. A seguinte equação foi obtida e utilizada para converter os dados de pressão em volume de gases nesse experimento:

$$VG = 0,747 + 7,232 P + 0,101 P^2 \quad (R^2 = 98,51)$$

em que,

VG = volume de gases produzido (ml);

P = pressão (psi).

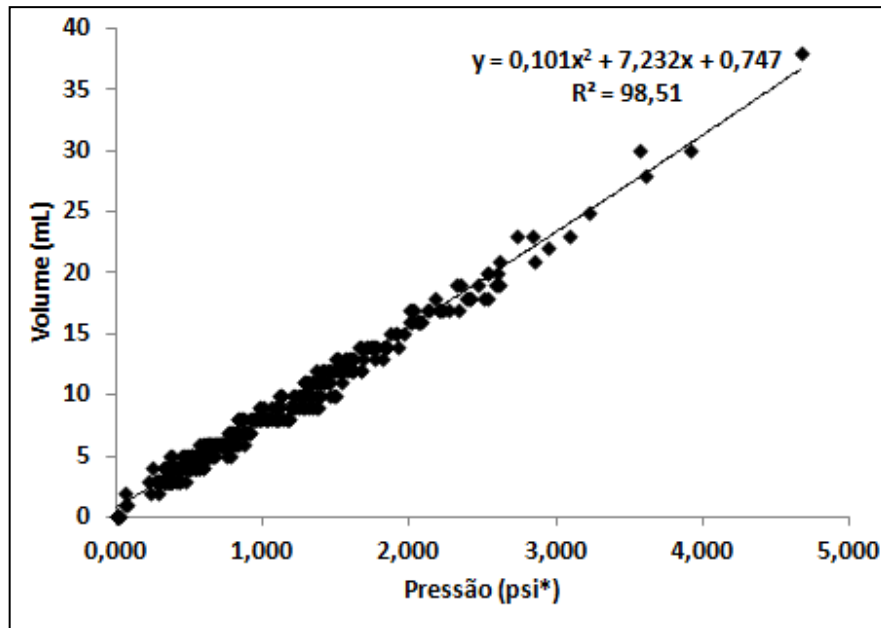


Figura 2: Relação entre pressão e volume de 574 dados obtidos por meio da técnica *in vitro* de produção de gases.

Essa equação é diferente da obtida por Maurício et al. (2003) no mesmo laboratório utilizando quantidades dobradas de amostra, meio de cultura e inóculo, que foi: $VG = -0,004 + 4,43 P + 0,051 P^2$, o que comprova que a redução das quantidades de amostra, meio de cultura e inóculo gerou a necessidade de obtenção de uma nova equação. No presente trabalho, o volume de gases estimado para cada psi de pressão foi de 7,88 ml, já na equação proposta por Maurício et al. (2003) esse valor foi de 4,38 ml. Como o espaço livre na parte superior dos frascos (*headspace*) aumentou em função da redução da quantidade de líquido, uma maior quantidade de gases foi necessária para gerar uma determinada pressão.

O alto coeficiente de determinação ($R^2 = 98,51$) obtido indica que essa equação pode ser utilizada em trabalhos posteriores realizados no laboratório de produção de gases da Escola de Veterinária da UFMG com a utilização de bolsas Ankom F57, frascos de fermentação de 160 ml, meio grama de amostra, 45 ml de meio de cultura e 5 ml de inóculo.

Não foram observadas diferenças entre os híbridos para a produção cumulativa de gases nos tempos de 6 e 12 horas de incubação em todas as idades de corte avaliadas ($P > 0,05$) (Tabela 1). Para as plantas cortadas aos 52 dias, não foram observadas diferenças na produção cumulativa de gases entre os híbridos que compõem o par isogênico (BRS 802 e BRS 810 (*bmr*)) nos demais tempos de incubação ($P > 0,05$). Na comparação entre os híbridos convencionais, nos tempos de 72 e 96 horas de incubação os híbridos BR 800 e BRS 802 apresentaram valores semelhantes entre si ($P > 0,05$) e superiores ao híbrido 156x2784 ($P < 0,05$). Nas demais idades de corte o híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou produção cumulativa de gases semelhante ao seu par isogênico normal, BRS 802, nos tempos de incubação de 24 e 48 horas ($P > 0,05$) e produção superior nos tempos de incubação de 72 e 96 horas ($P < 0,05$). Em relação aos híbridos convencionais, nas idades de 61 e 67 dias após o

plantio não foram observadas diferenças na produção cumulativa de gases entre eles nos tempos de 48, 72 e 96 horas de incubação ($P>0,05$), já na idade de 74 dias, o híbrido 156x2784 apresentou menor produção em relação aos demais nos tempos de 72 e 96 horas de incubação ($P<0,05$).

A produção de gases apresenta alta correlação com a degradabilidade da matéria seca, conforme foi relatado por Mould et al. (1999), Pereira (2003) e Castro (2004), que avaliaram pela técnica *in vitro* de produção de gases as silagens de milho, girassol e *Brachiaria brizantha*, respectivamente. Nesse trabalho essa correlação foi positiva ($r = 0,39$; $P<0,01$), demonstrando que o volume de gases produzido refletiu o processo de degradação da matéria seca fermentada, entretanto, quando essa correlação foi realizada de forma individual nos dados da primeira idade de corte, essa correlação não foi significativa ($P>0,05$), o que pode prejudicar a interpretação dos resultados referentes a essa época de corte.

Tabela 1: Produção cumulativa de gases (ml/g de MS) após 6, 12, 24, 48 e 96 horas de incubação de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Idade de corte	Híbrido	Tempo de Incubação (horas)					
		6	12	24	48	72	96
52 dias após o plantio ¹	BR 800	20,9 ^A	24,3 ^A	27,2 ^{BC}	78,7 ^B	134,3 ^B	153,3 ^B
	BRS 810 (<i>bmr</i>)	20,6 ^A	24,5 ^A	48,2 ^A	119,4 ^A	156,5 ^A	171,8 ^A
	BRS 802	15,6 ^A	19,6 ^A	38,0 ^{AB}	110,4 ^A	145,1 ^{AB}	159,8 ^{AB}
	156x2784	11,9 ^A	13,2 ^A	17,4 ^C	60,8 ^C	113,3 ^C	135,2 ^C
61 dias após o plantio ²	BR 800	25,9 ^A	32,4 ^A	50,5 ^B	120,2 ^B	159,2 ^{AB}	174,3 ^{AB}
	BRS 810 (<i>bmr</i>)	28,9 ^A	40,0 ^A	75,4 ^A	140,0 ^A	173,4 ^A	187,9 ^A
	BRS 802	25,1 ^A	34,4 ^A	69,1 ^A	127,3 ^{AB}	155,3 ^B	167,7 ^B
	156x2784	24,5 ^A	35,0 ^A	73,9 ^A	135,9 ^{AB}	165,7 ^{AB}	179,2 ^{AB}
67 dias após o plantio ³	BR 800	29,7 ^A	40,5 ^A	72,4 ^A	130,7 ^{AB}	162,3 ^{AB}	176,3 ^{AB}
	BRS 810 (<i>bmr</i>)	32,7 ^A	45,2 ^A	82,6 ^A	144,3 ^A	175,6 ^A	188,7 ^A
	BRS 802	24,3 ^A	33,8 ^A	70,8 ^A	128,5 ^{AB}	156,4 ^B	169,2 ^B
	156x2784	23,4 ^A	30,7 ^A	62,1 ^A	123,1 ^B	150,9 ^B	163,0 ^B
74 dias após o plantio ⁴	BR 800	35,8 ^A	50,2 ^A	87,5 ^A	143,9 ^{AB}	172,9 ^B	185,6 ^{AB}
	BRS 810 (<i>bmr</i>)	39,2 ^A	54,6 ^A	93,6 ^A	149,6 ^A	179,3 ^A	191,1 ^A
	BRS 802	41,1 ^A	56,4 ^A	94,7 ^A	144,6 ^{AB}	170,1 ^B	181,4 ^B
	156x2784	40,4 ^A	54,9 ^A	91,2 ^A	140,3 ^B	162,3 ^C	172,6 ^C

Médias seguidas por letras distintas nas colunas, em cada idade de corte, diferem pelo teste SNK ($P<0,05$). ¹ CV = 12,63%; ² CV = 3,14%; ³ CV = 6,05%; ⁴ CV = 2,13%.

Ribas (2010) avaliou a produção cumulativa de gases de quatro pares isogênicos de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes *bmr-6*. Em média, os híbridos normais

apresentaram produção cumulativa de gases após 96 horas de incubação de 169,3 ml/g de MS, valores próximos aos obtidos nesse experimento, enquanto os híbridos mutantes apresentaram valor médio de 234,6 ml/g de MS. Na comparação individual dos pares isogênicos, em um deles a produção cumulativa de gases dos dois híbridos foi semelhante em todos os tempos de incubação, em outro a produção de gases do híbrido mutante foi superior nos tempos de 24 e 48 horas de incubação e em dois deles as produções cumulativas de gases dos híbridos mutantes foram superiores nos tempos de 48, 72 e 96 horas de incubação, à semelhança do observado no presente estudo. Esse autor atribuiu as maiores produções cumulativas de gases observadas em alguns híbridos mutantes *bmr* em relação aos seus pares isogênicos normais à maior disponibilidade das frações fibrosas destes híbridos ao ataque dos micro-organismos ruminais.

Na Tabela 2 estão apresentados os parâmetros da cinética de produção de gases *in vitro* gerados pelo modelo de Schofield et al. (1994) e na Figura 3 encontram-se as representações gráficas dos modelos ajustados aos tratamentos estudados. De acordo com esses autores, a produção de gases obtida por meio das técnicas *in vitro* fornece informações valiosas a respeito da cinética de degradação de alimentos por ruminantes. Entretanto, a interpretação desses dados é complexa, devido ao fato de que os gases produzidos são gerados por uma grande variedade de substratos, incluindo componentes solúveis e fibrosos (Schofield et al., 1994). A vantagem desse modelo advém da divisão do substrato testado em dois *pools*, o de carboidratos fibrosos (CF) e o de carboidratos não fibrosos (CNF), permitindo a comparação de diferentes alimentos em relação à cinética de fermentação desses dois *pools* de forma individual. Os valores de P para a falta de ajustamento não significativos ($P > 0,05$) e os altos coeficientes de determinação obtidos (Figura 3) indicam que o modelo foi adequado para representar os dados. Na Figura 4 encontram-se as representações gráficas da análise de resíduos do modelo de Schofield et al. (1994) aplicado aos diferentes tratamentos. Como pode ser observado nessa figura, nas idades de 61, 67 e 74 dias após o plantio, os resíduos apresentaram-se com uma distribuição bastante homogênea em torno do eixo que representa o valor zero, indicando que o modelo se ajustou bem aos dados. O mesmo não aconteceu na idade de 52 dias após o plantio, em que a distribuição dos resíduos apresentou-se de forma mais heterogênea, indicando menor ajuste do modelo a esses dados. Os valores atípicos encontrados para alguns parâmetros nessa idade de corte (L acima de 30 horas, Vf2 acima de 250 ml e k2 abaixo de 0,006 ml/h) podem estar relacionados a esse menor ajuste e prejudicam a comparação dos parâmetros da cinética de fermentação dos tratamentos que a envolvem.

Sá et al. (2011), avaliando o capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em três idades de corte, obtiveram os seguintes parâmetros de produção de gases *in vitro*, em 96 horas de incubação: Vf1 (volume máximo de gases da fração CNF) variando de 68,0 a 116,8 ml/g de MS; k1 (taxa de produção de gases da fração CNF) igual a 0,05 ml/h; Vf2 (volume máximo de gases da fração CF) variando de 68,3 a 92,3 ml/g de MS e k2 (taxa de produção de gases da fração CF) igual a 0,01 ml/hora. Ferreira et al. (2012), avaliando 10 genótipos da leguminosa *Arachis pintoi*, obtiveram os seguintes parâmetros da cinética de produção de gases *in vitro*, em 48 horas de incubação: Vf1 variando de 75,0 a 106,1 ml/g de MS; k1 variando de 0,063 a 0,074 ml/h; Vf2 variando de 39,7 a 50,8 ml/g de MS e k2 variando de 0,017 a 0,019 ml/hora. Os

baixos valores de Vf2 em relação ao Vf1 obtidos nesse estudo estão relacionados à informação de Schofield e Pell (1995) de que a contribuição da fração de CNF para a produção total de gases é maior para leguminosas em relação às gramíneas e também devido ao reduzido tempo de incubação utilizado nesse experimento, que pode ter limitado a degradação da fração fibrosa.

Tabela 2: Parâmetros da cinética de fermentação *in vitro* dos carboidratos não fibrosos (CNF) e dos carboidratos fibrosos (CF) obtidos pelo modelo de Schofield et al. (1994) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Idade de corte	Parâmetro	Híbrido			
		BR 800	BRS 810 (<i>bmr</i>)	BRS 802	156x2784
52 dias após o plantio	Vf1	83,7	125,4	104,2	76,8
	k1	0,038	0,023	0,030	0,031
	L	35,1	13,0	17,4	34,8
	Vf2	253,8	91,6	112,3	156,8
	k2	0,004	0,006	0,006	0,006
	P	0,256	1,000	0,998	0,998
	R ²	0,989	0,957	0,968	0,977
61 dias após o plantio	Vf1	129,6	89,5	84,3	91,4
	k1	0,021	0,027	0,028	0,029
	L	11,4	4,3	4,7	5,4
	Vf2	113,8	106,8	90,4	93,5
	k2	0,005	0,012	0,012	0,012
	P	0,974	0,934	0,955	0,988
	R ²	0,966	0,987	0,992	0,991
67 dias após o plantio	Vf1	71,5	88,7	86,7	101,2
	k1	0,028	0,027	0,030	0,025
	L	2,9	2,2	5,4	5,8
	Vf2	112,0	107,0	90,4	72,0
	k2	0,013	0,012	0,012	0,011
	P	0,915	0,995	0,997	0,970
	R ²	0,983	0,951	0,984	0,990
74 dias após o plantio	Vf1	74,1	70,0	98,5	88,0
	k1	0,031	0,032	0,026	0,027
	L	0,8	-0,2	-2,9	-2,3
	Vf2	116,9	125,9	89,7	89,3
	k2	0,013	0,013	0,012	0,012
	P	0,192	0,133	0,978	0,386
	R ²	0,993	0,994	0,996	0,991

Vf1 = volume máximo de gases dos CNF (ml); k1 = taxa de produção de gases dos CNF (ml/h); L = tempo de colonização (h); Vf2 = volume máximo de gases dos CF (ml); k2 = taxa de produção de gases dos CF (ml/h); P = significância da falta de ajuste; R² = coeficiente de determinação.

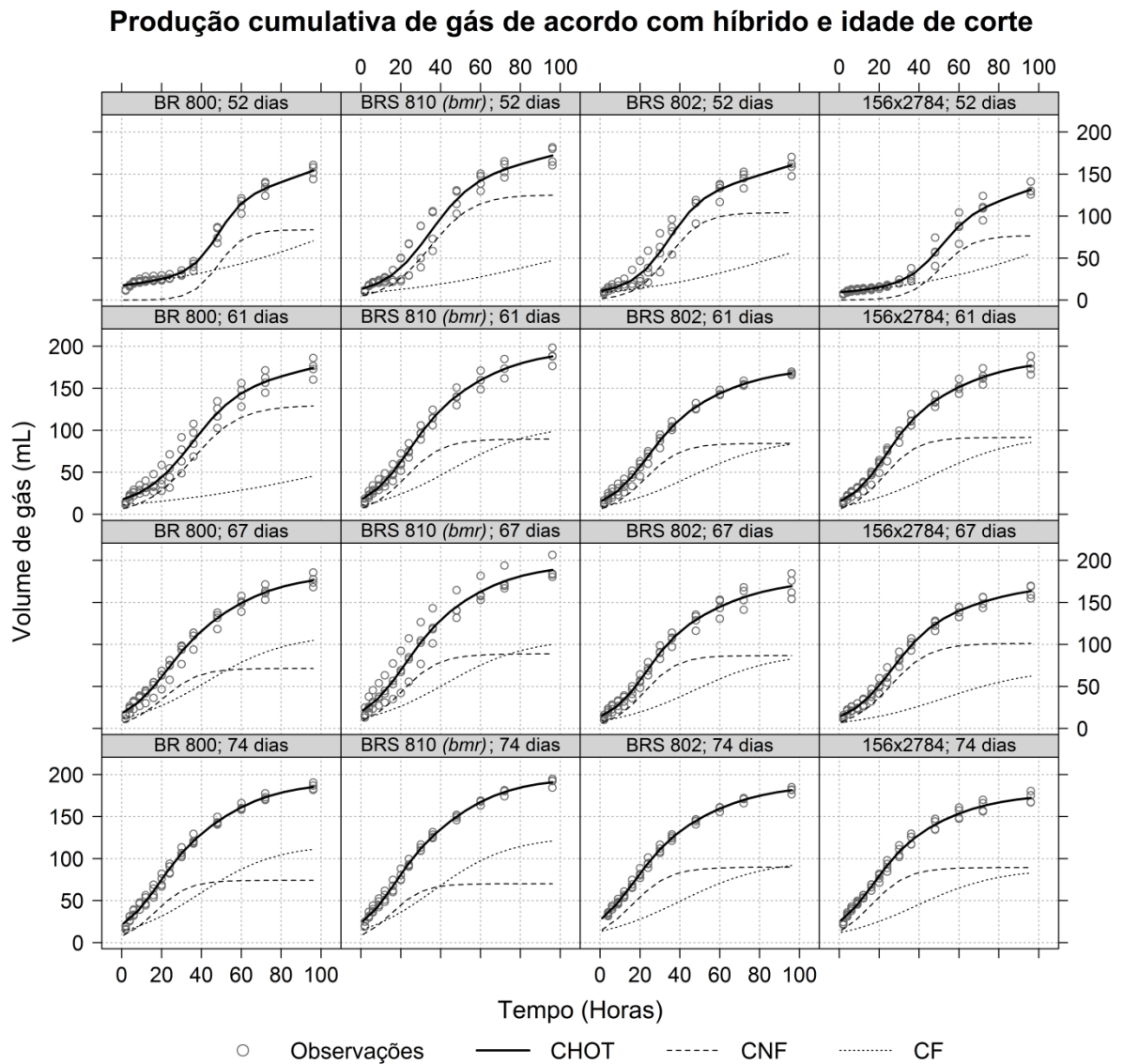


Figura 3: Cinética de produção de gases de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados em quatro idades de corte. Valores observados e preditos pelo modelo de Shofield et al. (1994) para carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos fibrosos (CF).

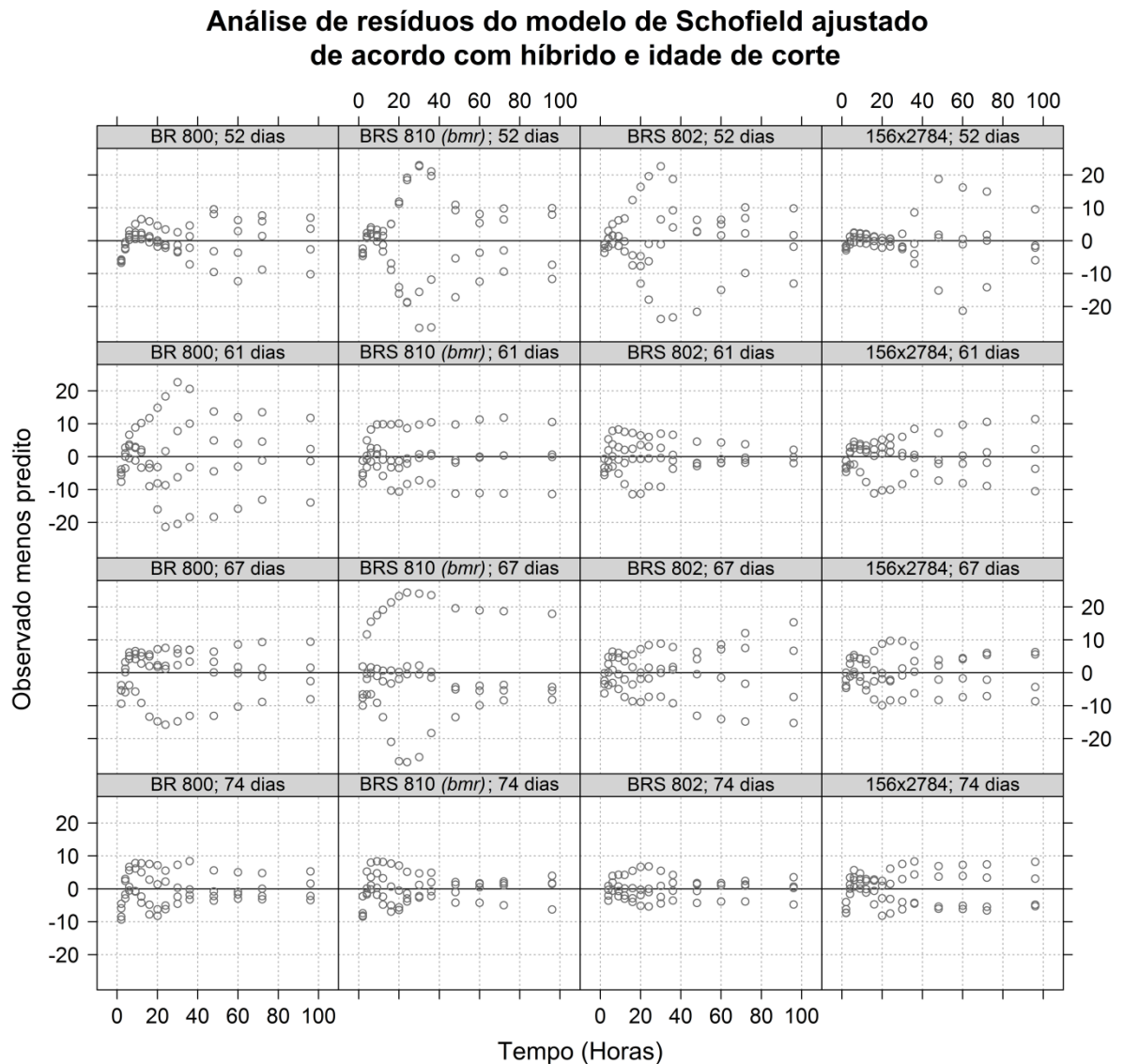


Figura 4: Análise de resíduos dos valores de produção cumulativa de gases nos diferentes tempos de incubação (observado - predito) obtidos pelo modelo de Schofield et al. (1994) ajustado de acordo com híbrido e idade de corte.

De acordo com os resultados do teste de identidade de modelos, apresentados no Anexo I, a falta de ajustamento foi significativa ($P < 0,05$) para: modelo único ajustado para todos os híbridos e idades de corte; modelo único ajustado por híbrido independente de idade de corte; modelo único ajustado por idade de corte independente de híbrido; modelo único ajustado para cada híbrido independente da idade de corte e modelo único para cada idade de corte independente do híbrido. Dessa forma, deu-se continuidade ao teste verificando a existência de modelos únicos que descrevem a cinética de fermentação *in vitro* dos híbridos em cada idade de corte.

Nas duas primeiras idades (52 e 61 dias após o plantio) foi possível separar os híbridos em três grupos com cinéticas semelhantes: na primeira época um grupo foi composto pelo par isogênico normal e mutante *bmr* (BRS 802 e BRS 810 (*bmr*)), outro pelo híbrido BR 800 e outro pelo híbrido 156x2784. Na segunda idade de corte um grupo foi formado pelo híbrido BR 800, um pelos híbridos BRS 810 (*bmr*) e 156x2784 e um pelos híbridos BRS 802 e 156x2784. Na idade de 67 dias um modelo único ajustou para um grupo formado pelos híbridos BR 800, BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 e outro modelo ajustou para um grupo formado pelos híbridos BR 800 e BRS 802 e 156x2784. Já na idade de 74 dias não foi possível agrupar os híbridos, portanto cada um apresentou cinética de produção de gases diferente dos demais.

Os diferentes modelos de cinética de fermentação observados entre os híbridos que compõem o par isogênico normal e mutante *bmr*, observados nas idades de 61 e 74 dias, provavelmente ocorreram em função dos maiores valores de Vf2 apresentados pelo híbrido mutante, como pode ser visualizado na Tabela 3 e na Figura 1, o que evidencia o maior potencial de degradação da fração fibrosa associado à mutação *bmr*. Entretanto, o híbrido mutante apresentou cinética de fermentação semelhante ao híbrido 156x2784 na idade de 61 dias e semelhante aos híbridos BR 800 e BRS 802 na idade de 67 dias, indicando que plantas convencionais podem apresentar extensão e taxa de degradação dos CNF e CF semelhantes às de plantas mutantes, sem os possíveis efeitos negativos nas características agrônômicas associados a essa mutação.

A interação entre híbrido e idade de corte foi significativa para a degradabilidade *in vitro* da MS (DEIVMS) ($P < 0,05$) (Tabela 3), sendo que os híbridos BRS 810 (*bmr*) e BRS 802 apresentaram efeito quadrático com pontos de mínimo em 66,6 e 66,4 dias após o plantio, respectivamente. O híbrido BR 800 apresentou efeito linear decrescente, com uma redução diária de 0,19% e o híbrido 156x2784 não apresentou efeito linear ou quadrático significativo ($P > 0,05$). O híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou maior DEIVMS em relação ao seu par isogênico convencional, BRS 802, em todas as idades de corte ($P < 0,05$). Esse aumento foi de 7,2; 6,6; 8,4 e 8,2% nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio, respectivamente. Na comparação entre os híbridos convencionais, nas idades de corte de 52, 67 e 74 dias não foram observadas diferenças entre eles ($P > 0,05$), enquanto na idade de 61 dias após o plantio o híbrido BR 800 apresentou maior DEIVMS em relação aos demais híbridos convencionais ($P < 0,05$), que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

No trabalho de Ribas (2010) as DEIVMS obtidas para híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes *bmr-6* foram de 75,7% e 82,3%, respectivamente, o que se aproxima dos valores encontrados por Ferreira (2008), que obteve DEIVMS médias de 79,6 e 76,7%, respectivamente para híbridos mutantes *bmr-6* e normais. Embora abaixo dos valores obtidos por esses autores, as DEIVMS encontradas no presente estudo estão acima daquelas observadas em trabalhos que avaliaram outras opções de forrageiras para suplementação no período seco, como Jayme et al. (2009), que obtiveram DEIVMS igual a 46,6% para silagem de girassol e Guimarães Jr. et al. (2008), que obtiveram DEIVMS igual a 51,2% para silagem de milho.

Tabela 3: Degradabilidade *in vitro* da matéria seca após 96 horas de fermentação (DEIVMS), em porcentagem da matéria seca (MS), e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e nível de significância (P) de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão cortados nas idades de 52, 61, 67 e 74 dias após o plantio

Híbrido	Idade ao Corte (dias)				Equação de Regressão	R^2	P
	52	61	67	74			
	DEIVMS (% da MS) ¹						
BR 800	62,2 ^B	61,0 ^A	59,6 ^{AB}	58,0 ^{AB}	$Y = 72,468 - 0,193 X$	98,07	< 0,01
BRS 810 (<i>bmr</i>)	68,5 ^A	59,4 ^A	60,4 ^A	61,9 ^A	$Y = 261,273 - 6,128 X + 0,046 X^2$	95,06	< 0,01
BRS 802	63,9 ^B	55,7 ^B	55,7 ^B	57,2 ^B	$Y = 240,519 - 5,581 X + 0,042 X^2$	98,24	< 0,01
156x2784	59,8 ^B	55,8 ^B	58,1 ^{AB}	57,2 ^B	-	-	NS

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$). ¹ CV = 4,21%. NS = não significativo.

5.4 CONCLUSÕES

A mutação *bmr-6* provocou aumento na produção cumulativa de gases após 72 e 96 horas de incubação nas idades de 61, 67 e 74 dias após o plantio. Nas idades de 61 e 74 dias após o plantio os híbridos que compõem o par isogênico apresentaram cinética de produção de gases *in vitro* distintas, caracterizadas principalmente por uma maior produção de gases da fração de CF pelo híbrido mutante em relação ao híbrido normal.

Em todas as idades de corte o híbrido mutante *bmr-6* apresentou maior DEIVMS em relação ao seu par isogênico convencional.

O híbrido BR 800 destacou-se por apresentar, 61 dias após o plantio, DEIVMS superior aos demais híbridos convencionais e semelhante ao híbrido portador da mutação *bmr-6*.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, G. H. F. *Cinética de degradação e fermentação ruminal da Brachiaria brizantha cv Marandu em quatro idades de corte*. 2004. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

EUCLYDES, R. F. *Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)*. Viçosa: UFV, 1983. 59p.

FERREIRA, A. L.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R. et al. Nutritional divergences in genotypes of forage peanut. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 4, p.856-863, 2012.

FERREIRA, D. A. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim sudão portadores de nervura marrom, submetidos a cortes sucessivos*. 2008. 78p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

FERREIRA, D. F. *SISVAR – Sistema para análise de variância*. Lavras: Universidade Federal de Lavras (Departamento de Ciências Exatas – DEX), 2000. (CD-ROM).

GETACHEW, G.; BLÜMMEL, 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*, v.72, p.261-281, 1998.

GUIMARÃES Jr., R.; GONÇALVES, L. C.; MAURICIO, 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.; PIRES, D. A. A.; GUIMARÃES Jr., R. et al. Composição bromatológica e perfil de fermentação das silagens de cinco híbridos de capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 6, n. 3, p.351-363, 2007.

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 and 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, n. 2, p.216-219, 2003.

MOULD, F. L.; SMITH, T.; OWEN, E. et al. The relationship between organic matter degradability and gas release estimated *in vitro* using the Reading Pressure Technique system for four maize silages of different maturity. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 23-25th March. P.150, 1999.

PEREIRA, L. G. R. *Potencial forrageiro da cultura do girassol (Helianthus annuus L) para produção de silagem*. 2003. 133p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente casualizado. *Revista de Matemática e Estatística*, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

RIBAS, M. N. *Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes BMR – portadores de nervura marrom*. 2010. 138p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

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.; PELL, A. N. Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal of Animal Science*, v.73, n.12, p.3455-3463, 1995.

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.

CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse experimento comprovam o bom desempenho produtivo e qualitativo dos híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados. Ao contrário do observado por outros autores para essa e outras gramíneas, nesse experimento os teores de FDN, FDA e lignina não aumentaram e as DIVMS e os teores de PB não diminuíram ao longo do tempo. Associando essas informações com o maior desempenho produtivo obtido nas idades de corte mais avançadas, conclui-se que os híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados podem ser utilizados aos 74 dias após o plantio, principalmente quando se busca maiores índices de produtividade animal por unidade de área.

O maior potencial produtivo e o bom valor nutritivo apresentado pelo híbrido BRS 802 colocaram-no em posição de destaque em relação aos demais híbridos, portanto novos estudos, em diferentes condições, devem ser realizados a fim de verificar se essas características são mantidas.

O híbrido BRS 810 (*bmr*) apresentou, de uma forma geral, melhor valor nutritivo que seu par isogênico e que os demais híbridos convencionais e, embora tenha apresentado menor potencial produtivo que seu par isogênico, esse potencial foi semelhante ao dos outros híbridos convencionais. Nesse caso, a utilização da mutação *bmr* pode ser interessante, principalmente quando se busca maiores índices de produtividade por animal.

ANEXO I - Teste de Identidade de Modelos

Resultados do teste de hipóteses para avaliação de identidade realizado com os modelos de Schofield et al. 1994 ajustados aos dados de produção cumulativa de gases de quatro híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados em quatro idades de corte.

Hipóteses	S.Q. Resíduo	G.L. Resíduo	Pr. (>F) ¹
Erro puro geral	44256	669	-
Modelo ajustado por híbrido por idade de corte	46986	812	1
Modelo ajustado para todos os híbridos e idades de corte	335625	887	<0,00001
Modelo ajustado por híbrido independente de idade de corte	299628	872	<0,00001
Modelo ajustado por idade de corte independente de híbrido	113529	872	<0,00001
Modelo único para cada híbrido independente de idade de corte			
Erro puro associado ao híbrido BR 800 independente de idade de corte	9834	168	-
Modelo ajustado para o híbrido BR 800 independente de idade de corte	77454	219	<0,00001
Erro puro associado ao híbrido BRS 810 (<i>bmr</i>) independente de idade de corte	19374	168	-
Modelo ajustado para o híbrido BRS 810 (<i>bmr</i>) independente de idade de corte	50528	219	<0,00001
Erro puro associado ao híbrido BRS 802 independente de idade de corte	9080	165	-
Modelo ajustado para o híbrido BRS 802 independente de idade de corte	49348	215	<0,00001
Erro puro associado ao híbrido 156x2784 independente de idade de corte	5968	168	-
Modelo ajustado para o híbrido 156x2784 independente de idade de corte	122298	219	<0,00001
Modelo único para cada idade de corte independente de híbrido			
Erro puro associado à idade 52 dias independente de híbrido	15325	168	-
Modelo ajustado para a idade de 52 dias independente de híbrido	60209	219	<0,00001
Erro puro associado à idade 61 dias independente de híbrido	10232	168	-
Modelo ajustado para a idade de 61 dias independente de híbrido	20434	219	<0,00001
Erro puro associado à idade 67 dias independente de híbrido	15460	168	-
Modelo ajustado para a idade de 67 dias independente de híbrido	25924	219	<0,00001
Erro puro associado à idade 67 dias independente de híbrido	3238	165	-
Modelo ajustado para a idade de 67 dias independente de híbrido	6963	215	<0,00001
Comparação de híbridos na idade de 52 dias			
Erro puro associado à idade 52 dias independente de híbrido	15325	168	-
Modelo ajustado para todos os híbridos na idade de 52 dias	60209	219	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e BRS 810 (<i>bmr</i>) na idade 52 dias	8326	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e BRS 810 (<i>bmr</i>) na idade 52 dias	27732	107	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e BRS 802 na idade 52 dias	5966	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e BRS 802 na idade 52 dias	14003	107	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e 156x2784 na idade 52 dias	3016	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e 156x2784 na idade 52 dias	9753	107	<0,00001

Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 52 dias	12310	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 52 dias	14326	107	0,9185
Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e 156x2784 na idade 52 dias	9360	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e 156x2784 na idade 52 dias	45364	107	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BRS 802 e 156x2784 na idade 52 dias	7000	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 802 e 156x2784 na idade 52 dias	30252	107	<0,00001
Comparação de híbridos na idade de 61 dias			
Erro puro associado à idade 61 dias independente de híbrido	10232	168	-
Modelo ajustado para todos os híbridos na idade de 61 dias	20434	219	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e BRS 810 (<i>bmr</i>) na idade 61 dias	8326	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e BRS 810 (<i>bmr</i>) na idade 61 dias	15521	107	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e BRS 802 na idade 61 dias	6501	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e BRS 802 na idade 61 dias	9456	107	0,0495
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e 156x2784 na idade 61 dias	6897	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e 156x2784 na idade 61 dias	11827	107	<0,001
Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 61 dias	3336	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 61 dias	6569	107	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e 156x2784 na idade 61 dias	3732	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e 156x2784 na idade 61 dias	4818	107	0,4027
Erro puro associado aos híbridos BRS 802 e 156x2784 na idade 61 dias	2672	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 802 e 156x2784 na idade 61 dias	3567	107	0,2488
Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>), BRS 802 e 156x2784 na idade 61 dias	4870	126	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>), BRS 802 e 156x2784 na idade 61 dias	8232	163	<0,001
Comparação de híbridos na idade de 67 dias			
Erro puro associado à idade 67 dias independente de híbrido	15460	168	-
Modelo ajustado para todos os híbridos na idade de 67 dias	25927	219	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e BRS 810 (<i>bmr</i>) na idade 67 dias	11594	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e BRS 810 (<i>bmr</i>) na idade 67 dias	14469	107	0,5911
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e BRS 802 na idade 67 dias	5003	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e BRS 802 na idade 67 dias	5874	107	0,8907
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e 156x2784 na idade 67 dias	3888	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e 156x2784 na idade 67 dias	6381	107	0,0026
Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 67 dias	11573	84	-

67 dias			
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 67 dias	16701	107	0,0587
Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e 156x2784 na idade 67 dias	10457	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e 156x2784 na idade 67 dias	19723	107	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BRS 802 e 156x2784 na idade 67 dias	3866	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 802 e 156x2784 na idade 67 dias	4749	107	0,6809
Erro puro associado aos híbridos BR 800, BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 67 dias	14085	126	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800, BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 67 dias	19833	163	0,0927
Erro puro associado aos híbridos BR 800, BRS 802 e 156x2784 na idade 67 dias	6378	126	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800, BRS 802 e 156x2784 na idade 67 dias	9078	163	0,0709
Comparação de híbridos na idade de 74 dias			
Erro puro associado à idade 74 dias independente de híbrido	3238	165	-
Modelo ajustado para todos os híbridos na idade de 74 dias	6963	215	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e BRS 810 (<i>bmr</i>) na idade 74 dias	1728	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e BRS 810 (<i>bmr</i>) na idade 74 dias	3059	107	<0,001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e BRS 802 na idade 74 dias	1445	81	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e BRS 802 na idade 74 dias	2664	103	<0,001
Erro puro associado aos híbridos BR 800 e 156x2784 na idade 74 dias	2001	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BR 800 e 156x2784 na idade 74 dias	3581	107	<0,001
Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 74 dias	1237	81	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e BRS 802 na idade 74 dias	2184	103	<0,001
Erro puro associado aos híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e 156x2784 na idade 74 dias	1794	84	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 810 (<i>bmr</i>) e 156x2784 na idade 74 dias	4226	107	<0,00001
Erro puro associado aos híbridos BRS 802 e 156x2784 na idade 74 dias	1511	81	-
Modelo ajustado para os híbridos BRS 802 e 156x2784 na idade 74 dias	2295	103	0,0193

1 = teste F para falta de ajustamento.

ANEXO II - Matriz de correlação entre as variáveis estudadas (NS = não significativo, P>0,05; PI = planta inteira; FO = folha; CO = colmo):

	ALTURA	STAND	PMV	PMS	MSPI	MMPI	MSCO	MMCO	MSFO	MMFO	FO/CO	FDNPI	FDAPI	LIGPI	DIVMSPI	DIVFDNPI
ALTURA	1	-0.35	NS	0.73	-0.50	0.49	-0.40	0.26	0.68	NS	-0.59	NS	-0.37	NS	-0.33	-0.69
STAND		1	NS	NS	NS	-0.30	NS	NS	-0.36	0.28	0.32	NS	NS	-0.31	NS	NS
PMV			1	0.48	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.32	0.27	0.36	-0.43	-0.33
PMS				1	NS	0.25	-0.41	NS	0.72	-0.26	-0.51	NS	-0.35	0.28	-0.25	-0.59
MSPI					1	-0.76	0.26	-0.49	NS	NS	NS	-0.26	NS	NS	0.40	0.34
MMPI						1	-0.42	0.42	0.44	NS	-0.25	NS	-0.33	NS	-0.27	NS
MSCO							1	NS	-0.49	NS	0.28	NS	NS	NS	NS	0.35
MMCO								1	NS	0.24	NS	0.31	NS	NS	-0.29	NS
MSFO									1	NS	-0.66	-0.32	-0.49	NS	NS	-0.49
MMFO										1	0.37	NS	NS	-0.31	NS	NS
FO/CO											1	0.28	NS	NS	NS	0.52
FDNPI												1	0.71	0.49	-0.60	NS
FDAPI													1	0.64	-0.35	NS
LIGPI														1	-0.43	-0.40
DIVMSPI															1	0.62
	PMSD	FDNFO	FDAFO	LIGFO	DIVMSFO	DIVFDNFO	FDNCO	FDACO	LIGCO	DIVMSCO	DIVFDNCO	PBPI	PBFO	PBCO	DEIVMS	
ALTURA	0.71	-0.30	-0.63	NS	-0.29	-0.31	NS	NS	0.49	NS	-0.60	NS	0.42	-0.36	-0.65	
STAND	NS	NS	0.44	NS	NS	NS	NS	NS	-0.49	0.40	0.47	NS	-0.42	NS	0.28	
PMV	0.40	NS	NS	0.26	-0.39	-0.38	NS	0.25	0.34	-0.25	NS	NS	NS	NS	-0.36	
PMS	0.98	-0.38	-0.49	NS	-0.27	-0.43	-0.33	-0.26	0.40	NS	-0.59	NS	NS	-0.27	-0.60	
MSPI	NS	NS	0.37	0.25	0.31	NS	-0.26	NS	-0.27	0.27	NS	NS	-0.34	NS	0.32	
MMPI	NS	NS	-0.53	-0.48	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.27	NS	NS	
MSCO	-0.40	0.24	0.34	NS	0.30	0.33	0.26	0.24	NS	NS	0.42	NS	NS	0.32	0.45	
MMCO	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.30	0.24	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
MSFO	0.76	-0.48	-0.66	-0.41	NS	NS	-0.51	-0.47	0.25	NS	-0.55	NS	NS	NS	-0.39	
MMFO	-0.26	0.28	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0.28	NS	0.31	NS	NS	NS	NS	
PFO/CO	-0.55	0.54	0.53	NS	NS	0.29	0.37	0.28	-0.37	NS	0.50	NS	NS	NS	0.40	
FDNPI	NS	0.49	NS	0.42	NS	NS	0.67	0.65	0.35	-0.54	NS	NS	NS	NS	-0.27	
FDAPI	-0.42	0.40	0.47	0.64	NS	NS	0.48	0.53	0.28	-0.37	NS	NS	NS	NS	NS	
LIGPI	NS	NS	NS	0.59	NS	-0.31	0.25	0.38	0.67	-0.55	-0.62	NS	NS	NS	-0.46	
DIVMSPI	NS	-0.29	NS	NS	0.50	0.25	-0.34	-0.37	-0.50	0.55	0.45	NS	NS	NS	0.48	

