

MARCELO NEVES RIBAS

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E NUTRICIONAL DE HÍBRIDOS DE SORGO
COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTES BMR - PORTADORES DE
NERVURA MARROM**

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

Área de Concentração: Nutrição Animal

Orientador: Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

**Belo Horizonte – Minas Gerais
Escola de Veterinária – UFMG
2010**

Assinaturas

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus queridos pais.

MENSAGEM

“Welcome to the real world
She said to me condescendingly
Take a seat, take your life
Plot it out in black and white
Well I never lived the dreams of the prom kings
And the drama queens
I'd like to think the best of me
Is still hiding up my sleeve”

John Mayer – No such things

AGRADECIMENTOS

À Fernanda, minha eterna companheira, por todo incentivo e amor.

À minha querida família, por toda atenção a mim dedicada. Por me apoiarem na realização deste sonho. À minha mãe, exemplo de amor e luta, e ao meu pai, exemplo de profissional. Aos meus irmãos Dani e Paulo por terem sempre uma palavra de carinho quando precisei (Béhéhéhéh).

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Departamento de Zootecnia por proporcionarem meu desenvolvimento profissional. A CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Ao Professor Lúcio Carlos Gonçalves por todas as oportunidades concedidas e por todos os ensinamentos que serão relevantes durante minha vida profissional.

Aos professores Norberto Mario Rodríguez, Ana Luiza da Costa Cruz Borges e Iran Borges pela boa vontade em ajudar e ensinar, pelas valiosas contribuições na tese e por despertarem em mim o interesse pela nutrição animal.

Ao Dr. José Avelino, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, pela amizade, ajuda constante e participação nos trabalhos realizados em parceria com nosso grupo de pesquisa. E à equipe da Embrapa Milho e Sorgo pela boa vontade em ajudar na fase de campo.

Ao José Luiz (sogro) e à Katia (sogra) por todo apoio (operacional e espiritual, respectivamente) durante a condução do meu experimento. Muito obrigado!!!

Ao Sr. Pedro, que além de colaborar no experimento, alegrou nossos dias com histórias da Senhora da Glória e do Brejinho.

Aos meus “irmãos” Igor Todinho e Vinícius Garrote pela presença marcante nos momentos felizes e apoio nos momentos difíceis.

Aos meus colegas da equipe Gomba: Gustavo (Bizil), Fernando (Baby), Wilson (Dr.), Wellington (Danado), Fernanda, Flávia, Gabriel, Alex, Fred, André, Mateus, Pedro e Diego pelo convívio agradável, amizade e coleguismo.

Aos “irmãos mais velhos” Thierry, Luiz Gustavo, Robertinho (Carcará), Diogo, Cristiano, Robertinho (Guima), Daniel (Pires) e Deborah pelo grande apoio e incentivo desde a Iniciação Científica.

Aos colegas de Pós Graduação pela amizade e conhecimentos compartilhados. Em especial ao Fernando e Helena pelo apoio no experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG, Toninho, Carlos, Kelly, Marcos e Amanda pela amizade e pela contribuição nas análises laboratoriais.

Aos membros do colegiado de Pós-Graduação, em especial a Heloisa, pela simpatia e presteza.

A todos que, de alguma forma, me ajudaram e torceram por mim. Muito obrigado!!!!

SUMÁRIO

	RESUMO.....	15
	ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	INTRODUÇÃO GERAL.....	17
CAPÍTULO II	REVISÃO DE LITERATURA	
2.1	Híbridos de sorgo com capim-sudão.....	19
2.2	Parede celular.....	21
2.3	Mutação <i>BMR</i>	27
2.4	Alterações botânicas e agronômicas nos mutantes <i>BMR</i>	30
2.5	Avaliação do consumo e digestibilidade aparente.....	34
2.6	Técnica de produção de gases.....	35
2.7	Calorimetria.....	37
CAPÍTULO III	Características agronômicas e composição química de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normal e mutante - <i>BMR</i>	
3.1	Resumo.....	47
3.2	Introdução.....	47
3.3	Material e métodos.....	48
3.4	Resultados e discussão.....	50
3.5	Conclusões e implicações.....	62
CAPÍTULO IV	Características agronômicas e composição química de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normal e mutante - <i>BMR</i>	
4.1	Resumo.....	65
4.2	Introdução.....	65
4.3	Material e métodos.....	66
4.4	Resultados e discussão.....	68
4.5	Conclusões e implicações.....	85
CAPÍTULO V	Consumo, digestibilidade aparente e valores de energia líquida de híbridos de sorgo com capim-sudão, normal e mutante - <i>BMR</i> .	
5.1	Resumo.....	89
5.2	Introdução.....	89
5.3	Material e métodos.....	91
5.4	Resultados e discussão.....	95
5.5	Conclusões e implicações.....	112
CAPÍTULO VI	Cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão, normal e mutante - <i>BMR</i> (portadores de nervura marrom), pela técnica <i>in vitro</i> semi-automática de produção de gases.	
6.1	Resumo.....	117
6.2	Introdução.....	117
6.3	Material e métodos.....	118
6.4	Resultados e discussão.....	121
6.5	Conclusões e implicações.....	129
CAPÍTULO VII	CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES GERAIS.....	133

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 -	Proporções dos grupos hidroxifenil (H), guaiacil (G) e sinapil (S) obtidos pela oxidação das ligninas.....	24
Tabela 2 -	Expressão dos genes da família CAD avaliados em sorgos nos diferentes tecidos e estágio de desenvolvimento.....	29
Tabela 3 -	Engenharia genética de genes de biossíntese de lignina e seu efeito sobre a lignina e digestibilidade da forragem.....	30

CAPÍTULO III

Tabela 1 -	Híbridos de sorgo com capim-sudão utilizados no Capítulo III - Experimento I.....	49
Tabela 2 -	Valores médios de altura de plantas em metros e número de plantas por hectare (1000/ha) de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.....	51
Tabela 3 -	Valores médios de produtividade de matéria verde (PMV) em toneladas por hectare (t/ha) e produtividade de matéria seca (PMS) em toneladas por hectare (t/ha) de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.....	54
Tabela 4 -	Valores médios dos coeficientes de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS), em porcentagem, e produção de matéria seca digestível (PMSD) em toneladas por hectare (t/ha) de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes <i>BMR</i> , avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.....	56
Tabela 5 -	Valores médios de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), em porcentagem da matéria seca, de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.....	58
Tabela 6 -	Valores médios de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca, de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.....	60

CAPÍTULO IV

Tabela 1 -	Valores médios de altura de plantas em metros, número de plantas por hectare (1000/ha) e índice de rebrote de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , avaliados em dois cortes sucessivos.....	68
Tabela 2 -	Valores de produção de matéria verde (PMV) em toneladas por hectare (t/ha), produção de matéria seca (PMS) em toneladas por hectare (t/ha) e produção de matéria seca digestível (PMSD) em toneladas por hectare (t/ha) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , avaliados em dois cortes sucessivos.....	70
Tabela 3 -	Valores médios de porcentagens de folha e colmo na matéria seca, e relação folha/colmo dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , em dois cortes sucessivos.....	72

Tabela 4 -	Teores de matéria seca (MS), em porcentagem, das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , manejados em dois cortes sucessivos.....	73
Tabela 5 -	Teores de proteína bruta (PB), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , manejados em dois cortes sucessivos.	74
Tabela 6 -	Teores de fibra em detergente neutro (FDN), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , manejados em dois cortes sucessivos.....	76
Tabela 7 -	Teores de fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , manejados em dois cortes sucessivos.....	78
Tabela 8 -	Teores de hemiceluloses (HCEL), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , manejados em dois cortes sucessivos.....	79
Tabela 9 -	Teores de celulose (CEL), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , manejados em dois cortes sucessivos.....	80
Tabela 10 -	Teores de ligninas (LIG), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , manejados em dois cortes sucessivos.....	82
Tabela 11 -	Valores médios dos coeficientes de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS), em porcentagem, das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i> , manejados em dois cortes sucessivos.....	84
CAPÍTULO V		
Tabela 1 -	Composição química (%) e energia bruta (cal/g) expressas na matéria seca de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , utilizados no Capítulo V - Experimento III.....	91
Tabela 2 -	Valores médios de consumo de matéria seca (CMS) em g/dia, consumo de matéria seca em g/dia por kg ^{0,75} (CMSUTM), digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em porcentagem (%) e consumo da matéria seca digestível em g/dia por kg ^{0,75} (CMSDUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	96
Tabela 3 -	Valores médios de consumo de proteína em g/dia por kg ^{0,75} (CPBUTM), nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário e balanço de nitrogênio (N retido) em g/dia e g/dia por kg ^{0,75} de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	98
Tabela 4 -	Valores médios de consumo de FDN (CFDN) em g/dia, consumo de FDN em g/dia por kg ^{0,75} (CFDNUTM), digestibilidade da FDN	100

	(DFDN) em porcentagem, consumo de FDN digestível em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CFDNDUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	
Tabela 5 -	Valores médios de consumo de FDA (CFDA) em g/dia, consumo de FDA em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CFDAUTM), digestibilidade da FDA (DFDA) em porcentagem, consumo de FDA digestível em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CFDADUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	102
Tabela 6 -	Valores médios de consumo de hemiceluloses (CHCEL) em g/dia, consumo de hemiceluloses em g/dia (CHCELUTM), digestibilidade das hemiceluloses (DHCEL) em porcentagem e consumo de hemiceluloses digestível em g/dia (CHCELDUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	104
Tabela 7 -	Valores médios de consumo de celulose (CCEL) em g/dia, consumo de celulose em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CCELUTM), digestibilidade da celulose (DCEL) em porcentagem e consumo de celulose digestível em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CCELDUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	105
Tabela 8 -	Valores médios de consumo de lignina (CLIG) em g/dia e consumo de lignina em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CLIGUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	107
Tabela 9 -	Valores médios de consumo de energia bruta em Kcal/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CEB), digestibilidade aparente da energia bruta em % (DAEB), consumo de energia digestível em Kcal/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CED), consumo de energia metabolizável em Kcal/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CEM), energia digestível em Kcal/gMS (ED) e energia metabolizável em Kcal/gMS (EM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	108
Tabela 10 -	Valores médios de produção de metano (CH_4) em L/dia e em L/dia por $\text{kg}^{0,75}$, produção de dióxido de carbono (CO_2) em L/dia e L/dia por $\text{kg}^{0,75}$, consumo de oxigênio (O_2) em L/dia e L/dia por $\text{kg}^{0,75}$, produção de calor (PC) em Kcal/dia e Kcal/dia por $\text{Kg}^{0,75}$, incremento calórico (IC) em Kcal/ por kg de MS e coeficiente respiratório (CR) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i>	110
Tabela 11 -	Valores médios de consumo de energia líquida (CEL) em Kcal/dia por $\text{kg}^{0,75}$, energia líquida (EL) em Kcal/g de MS, metabolizabilidade de energia bruta (q_m) e eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) para híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante <i>BMR</i>	112
CAPÍTULO VI		
Tabela 1 -	Composição química de híbridos de sorgo capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , utilizados no Experimento IV.....	121
Tabela 2 -	Valores médios de produção acumulada de gases em mL/g de MS (PAG) pela técnica <i>in vitro</i> semi-automática dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	122

Tabela 3 -	Valores médios de degradabilidade da matéria seca em porcentagem (DMS) pela técnica <i>in vitro</i> semi-automática dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	124
Tabela 4 -	Parâmetros da equação de France (1993). Potencial máximo de produção de gases (A) em mL/g de MS, taxa de produção de gases (μ) em mL/g de MS e tempo de colonização (Lag) em horas de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	126
Tabela 5 -	Valores médios de degradabilidades efetivas da matéria seca dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i> , nas taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora.....	128

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 -	Principais precursores da lignina e respectivos sítios reativos (*).....	23
Figura 2 -	Biossíntese de lignina nos vegetais.....	25

CAPÍTULO VI

Figura 1 -	Produção acumulada de gases (PAG) (mL/g de MS) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes <i>BMR</i>	124
------------	--	-----

ANEXOS

Tabela 1 -	Correlações entre os parâmetros avaliados no capítulo III.....	135
Tabela 2 -	Correlações entre os parâmetros avaliados no capítulo IV.....	136

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar e comparar o potencial forrageiro, composição bromatológica, consumo voluntário, digestibilidade aparente, energia líquida e cinética de degradação de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR* (portadores da nervura marrom). No capítulo III, as características agrônômicas e as composições químicas de 13 híbridos de sorgo com capim-sudão normais e 12 híbridos mutantes *Brown-midrib (BMR)* foram avaliados e comparadas em dois cortes sucessivos, aos 51 dias após o plantio e 31 dias de rebrote. Os valores de produtividade de matéria verde (PMV) e produtividade de matéria seca (PMS) variaram, respectivamente, de 18,6 a 51,2 t/ha e 1,6 a 5,1 t/ha. Na comparação dos pares de híbridos isogênicos, as PMV e PMS dos híbridos normais foram, respectivamente, 16,25% e 24,64% maiores que a média de produção dos híbridos mutantes *BMR*. Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) variaram de 61,81% a 76,02%. Na comparação dos seis pares de híbridos isogênicos, a DIVMS média dos híbridos mutantes *BMR* foi 6,75% maior que a média dos seus pares normais. No capítulo IV, as características agrônômicas e as composições químicas de 3 híbridos de sorgo com capim-sudão, sendo dois normais (BR 800 e CMSXS 56A * Tx2785) e um mutantes *BMR* (CMSXS156Abmr * Tx2785bmr), foram avaliados e comparadas em dois cortes sucessivos, aos 64 dias após o plantio e 60 dias de rebrote. Os valores de PMV e PMS variaram, respectivamente, de 15,1 a 32,3 t/ha e 1,67 a 5,43 t/ha. O coeficiente de DIVMS apresentou alta correlação negativa ($P < 0,05$) com o acúmulo das frações fibrosas na planta inteira e no colmo, e com a altura de plantas. Os valores de DIVMS da planta inteira variaram de 56,23 a 69,83%. Para a planta inteira e as frações folha e colmo, os coeficientes de DIVMS observados para o híbrido mutante *BMR* foram superiores ($P < 0,05$) aos observados para seu par isogênico normal. No capítulo V, foram avaliados o consumo e a digestibilidade aparente dos componentes nutricionais de híbridos de sorgo com capim-sudão, sendo dois normais e um mutante *BMR*. Não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados para a digestibilidade aparente da matéria seca, entretanto, para os consumos de matéria seca e matéria seca digestível por unidade de tamanho metabólico, o híbrido mutante CMSXS156Abmr * Tx2785bmr foi superior ($P < 0,05$) aos demais híbridos normais. As digestibilidades aparentes da FDN e FDA, e os consumos de FDN e FDA digestíveis foram superiores ($P < 0,05$) para o híbrido mutante CMSXS156Abmr * Tx2785bmr em comparação ao seu par isogênico normal. O híbrido mutante CMSXS156Abmr * Tx2785bmr também apresentou valores superiores ($P < 0,05$) ao seu par isogênico normal para o consumo de energia digestível, metabolizável e líquida. No capítulo VI, foi avaliada a cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, utilizando inóculos de bovinos. Para a produção acumulada de gases (PAG), com 96 horas de incubação, o valor médio dos híbridos mutantes *BMR* foi 234,56 mL/g de MS, enquanto que o valor médio dos híbridos normais foi de 169,32 mL/g de MS. Para a degradabilidade da MS (DMS), com 96 horas de incubação, o valor médio dos híbridos mutantes *BMR* foi de 82,23%, enquanto que o valor médio dos híbridos normais foi de 75,68%. Para os parâmetros do modelo de France et al. (1993), os potenciais máximos de produção de gases variaram de 163,40 a 228,94 mL/g de MS, respectivamente para a média dos híbridos na versão normal e mutante *BMR*. As taxas de produção de gases variaram de 0,042 a 0,064 mL/h, respectivamente para a média dos híbridos na versão normal e mutante *BMR*. Os tempos de colonização variaram de 4hs e 16min a 5hs e 23min, respectivamente para a média dos híbridos na versão mutante *BMR* e normal. Os resultados do presente estudo mostram o potencial de utilização de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *BMR* em sistemas de produção de ruminantes com alto desempenho.

Palavras chave: calorimetria indireta, consumo voluntário, potencial forrageiro, ruminantes, sorgo de corte e pastejo, valor nutricional.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate and compare the forage potential, chemical composition, voluntary intake, digestibility, net energy and kinetics of degradation of sorghum and sudangrass hybrids, normal and mutant *BMR* (brown midrib). In Chapter III, the agronomic characteristics and chemical compositions of 13 sorghum and sudangrass normal hybrids and 12 mutant *BMR* hybrids were evaluated and compared in two successive cuts, at 51 days after planting and 31 days regrowth. The values of green matter (GM) and dry matter production (DM) ranged, respectively, from 18.6 to 51.2 t/ha and 1.6 to 5.1 t/ha. Comparing the pairs of hybrid strains, the GM and DM productions of normal hybrids were respectively 16.25% and 24.64% higher than the average production of mutant *BMR* hybrids. The values of dry matter in vitro digestibility (DMIVD) ranged from 61.81% to 76.02%. Comparing the six pairs of isogenic hybrids, the average of DMIVD of mutants *BMR* hybrid was 6.75% higher than the average of their normal pair. In Chapter IV, the agronomic characteristics and chemical compositions of 3 sorghum and sudangrass, two normal (BR 800 and CMSXS156A * Tx2785) and one mutant *BMR* (CMSXS156Abmr * Tx2785bmr) were evaluated and compared in two successive cuts, at 64 days after planting and 60 days of regrowth. The values of GM and DM productions, respectively, ranged from 15.1 to 32.3 t/ha and 1.67 to 5.43 t/ha. The coefficient of DMIVD had a high negative correlation ($P < 0.05$) with the accumulation of fibrous fractions in the whole plant and stem, and plant height. The DMIVD of the whole plant ranged from 56.23% to 69.83%. For the whole plant, leaf and stem fractions, DMIVD coefficients observed for the mutant *BMR* hybrid were higher ($P < 0.05$) than those observed for their normal isogenic pair. In Chapter V, it was evaluated the apparent digestibility of the nutritional components of sorghum and sudangrass, and two normal and one mutant *BMR*. No significant difference ($P > 0.05$) was observed between hybrids for dry matter digestibility, however, for dry matter intake and dry matter digestible per unit of metabolic weight, the hybrid mutant CMSXS156Abmr * Tx2785bmr was better ($P < 0.05$) than normal hybrids. The NDF and ADF digestibility, and NDF and ADF digestible intake were higher ($P < 0.05$) for the mutant hybrid CMSXS156Abmr * Tx2785bmr compared to their normal isogenic pair. The hybrid mutant CMSXS156Abmr * Tx2785bmr also presented values higher ($P < 0.05$) than their normal isogenic pair for digestible, metabolizable and net energy intake. In Chapter VI, it was evaluated the kinetics of rumen fermentation of sorghum and sudangrass, normal and mutant *BMR*, by the in vitro semi-automated gas production, using inocula of cattle. For the total gas production (TGP) at 96 hours of incubation, the average value of the mutants *BMR* materials was 234.56 mL/g DM, while the average value of standard materials was 169.32 mL/g DM. For the DM degradability (DMD) at 96 hours of incubation, the average value of the mutants *BMR* materials was 82.23% while the average value of standard materials was 75.68%. For the model of France et al. (1993) parameters, average value of the mutant *BMR* materials was 234.56 mL/g DM, while the average value of standard materials was 169.32 mL/g DM. The gas production rates ranged from 0.042 to 0.064 mL/h, respectively for the average hybrid in normal and mutant *BMR* version. The colonization time ranged from 4hrs and 16min to 5hs and 23min, respectively for the average of the hybrids in mutant *BMR* and normal versions. The results of this study demonstrate the potential use of sorghum and sudangrass *BMR* production systems of ruminants with high performance.

Key words: brown midrib, forage potential, nutritional value, ruminant, sorghum for harvest or grazing, voluntary intake.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL

A agropecuária brasileira passou por uma evolução histórica, sobretudo nas últimas duas décadas, graças a um trabalho conjunto do setor privado e dos centros de pesquisas. Os investimentos realizados em novas tecnologias de produção, treinamento de profissionais e abertura de novos mercados para os produtos da agricultura e pecuária do país estão contribuindo para que o Brasil passe a ocupar uma posição de destaque no mercado global de produtos agrícolas. Hoje o país produz um volume suficiente para o abastecimento do mercado interno e excedentes exportáveis, posicionando-se entre os maiores produtores e exportadores agrícolas do mundo.

Atualmente, o Brasil apresenta o maior rebanho comercial do mundo, com 173,2 milhões de cabeças de bovinos (ANUALPEC 2009), é o maior exportador de carne bovina e um dos maiores produtores de leite (FAO, 2010). Neste cenário, o agronegócio foi responsável por 26,46% do produto interno bruto (PIB) nacional no ano de 2008 (CEPEA, 2009).

A pecuária brasileira, tanto de corte quanto de leite, tem passado por um processo de intensificação e modernização, porém, grande parte dos sistemas de produção ainda é baseada na criação extensiva em pastagens. O sistema de pastejo é o mais barato e de menor impacto negativo para o meio ambiente, porém, a produtividade das forrageiras mais utilizadas é concentrada em apenas seis meses do ano. Devido ao regime sazonal de chuvas presente nos países tropicais, a produção de carne ou leite no Brasil exige dos produtores que sejam criadas formas de suplementação dos animais durante o período seco para que a produção seja mantida. Nesse contexto, o uso de forragem cultivada visa reduzir o efeito sazonal na produtividade e na

qualidade das pastagens, aumentando a eficiência e a sustentabilidade produtiva e econômica da atividade pecuária. Sob esta visão, a cultura de sorgo é uma excelente alternativa para o pecuarista minimizar os problemas decorrentes da estacionalidade da produção de forragem no período seco. Trata-se de uma cultura tolerante à seca, visto a sua capacidade de recuperar-se e produzir massa após um período de estresse hídrico. Em especial, a utilização dos híbridos de sorgo com capim-sudão (*Sorghum bicolor* cv. Bicolor x *Sorghum sudanense* cv. Sudanense) busca alongar o período de pasto ou oferta de forragem fresca de alto valor nutritivo no cocho, com conseqüente redução do tempo de utilização dos recursos forrageiros disponíveis, tais como silagem, cana triturada ou feno (Rodrigues et al., 2004).

Por apresentarem menores teores de lignina, que resulta em maiores teores de fibra digestível e maiores produções de leite e eficiência alimentar, em relação aos genótipos normais, os híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *BMR*, portadoras de nervura marrom, vêm sendo alvo de estudo pelos pesquisadores (Aydin et al., 1999). Segundo Grant e Haddad (1995), o sorgo mutante, portador de nervura marrom, além de apresentar menor teor de lignina, apresenta também maior potencial de desaparecimento da FDN no rúmen e melhor taxa de passagem fracional, em relação às plantas normais.

Apesar das vantagens apresentadas no valor nutricional, os genes *bmr*, descobertos por volta de 1930, não foram introduzidos nos bancos de germoplasma comerciais até 1990 por apresentarem redução do vigor da planta e da produtividade (Casler et al., 2003). Atualmente, existem poucos híbridos de milho e de sorgo mutantes *BMR* disponíveis no mercado de sementes

americano. Na Europa, apesar da comprovada eficiência na alimentação animal, a reputação destes materiais, principalmente para produção de silagem, ainda é ruim (Barrière et al., 2004).

O programa de melhoramento genético de plantas forrageiras desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo tem selecionado novos híbridos de sorgo com capim-sudão (*Sorghum bicolor* cv. Bicolor x *Sorghum bicolor* cv. Sudanense), em especial híbridos mutantes *BMR*, portadores de nervura marrom, que devem ser avaliados para utilização na alimentação animal em comparação com híbridos normais.

Objetivou-se com este trabalho avaliar e comparar o potencial forrageiro, composição bromatológica, consumo voluntário, digestibilidade aparente, energia líquida e cinética de degradação de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR* (Portadores da nervura marrom). No Capítulo II, foi realizada uma revisão de literatura sobre a cultura do sorgo e as influências da mutação *BMR*. Nos Capítulos III e IV, foram feitas avaliações agronômicas e nutricionais de híbridos de sorgo com capim-sudão, no Capítulo V, foram realizadas as determinações do consumo, digestibilidade aparente e energia líquida de sorgo com capim-sudão em ovinos, e no Capítulo VI, os híbridos de sorgo com capim-sudão foram avaliadas quanto a degradabilidade ruminal pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (RPT).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANUALPEC. *Anuário da Pecuária Brasileira*. Agra FNP Pesquisas, São Paulo, 2009, 360p.

AYDIN, G.; GRANT, R.J.; O'REAR, J. Brown midrib sorghum in diets for lactating

dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.82, n. 10, p. 2127-2135, 1999.

BARRIÈRE, Y.; GONÇALVES, G. D.; EMILE, J. C.; LEFÈVRE, B. Higher intake of DK265 corn silage by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.87, n.5, p.1439-1445, 2004.

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.

CEPEA. PIB do Agronegócio 1994 a 2008. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 19 de Dezembro de 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2010.

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

RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.G.; SHAFFERT, R.E.; FERREIRA, A.S.; CASELA, C.R. *BRS 801- Híbrido de sorgo de pastejo*. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2004. (Comunicado Técnico nº 103)

CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Híbridos de sorgo com capim-sudão

Características gerais

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma gramínea tropical, de ciclo anual e tem como origem provável a África e algumas regiões da Ásia. A domesticação do sorgo, segundo registros arqueológicos, aconteceu por volta de 3000 A.C., ao tempo em que a prática da domesticação e cultivo de outros cereais era introduzida no Egito Antigo a partir da Etiópia (Ribas, 2008). Apesar de ser uma cultura muito antiga, somente a partir do final do século passado é que teve grande desenvolvimento em muitas regiões agrícolas do mundo (Veiga, 1986). A introdução do sorgo no Brasil ocorreu no século XVII, pelos escravos, e ainda hoje é uma cultura em expansão, sendo o seu uso difundido apenas para a alimentação animal, na forma de silagem, corte verde e pastejo, além da produção de grãos, que podem ser utilizados na alimentação de ruminantes e monogástricos.

Os sorgos são plantas C4, aquelas que envolvem a via de ácidos com quatro carbonos na fotossíntese, que em altas temperatura e luminosidade são muito mais eficientes que as plantas que utilizam a via de três carbonos no processo fotossintético (C3). Como plantas forrageiras, caracterizam-se pela alta produção de matéria seca, pela capacidade de rebrota e pela eficiência no uso da água (Wheeler, 1980). Agronomicamente, os sorgos são classificados em 4 grupos: 1º Granífero; 2º Forrageiro para silagem e/ou sacarino; 3º Forrageiro para corte verde e pastejo; 4º Vassoura. O terceiro grupo inclui híbridos utilizados principalmente para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta, sendo estes, fruto do cruzamento de duas espécies distintas do gênero *Sorghum* (Ribas, 2008). Para a produção destes híbridos, usa-se

como macho linhagens de capim-sudão (*Sorghum bicolor* cv. sudanense) e, como fêmea, linhagens de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* cv. bicolor).

O sorgo (*Sorghum bicolor* cv. bicolor) é uma espécie anual, ou perene de vida curta, capaz de produzir em uma grande variedade de solos. É resistente ao estresse hídrico, com algumas cultivares bastante adaptadas às condições secas, podendo desenvolver-se bem sob precipitações anuais de 300 a 350 mm. O capim-sudão (*Sorghum bicolor* cv. sudanense) é uma espécie anual, que também pode desenvolver-se em solos pobres e se adapta ao clima seco, prosperando bem em locais com baixa disponibilidade de água. As suas sementes apresentam boa germinação, com rápida emergência sob altas temperaturas do solo e do ar, tem melhor capacidade de rebrota que a maioria das gramíneas anuais, admitindo utilizações sucessivas (Bogdan, 1977). Os híbridos de sorgo com capim-sudão são, geralmente, dotados de características agronômicas intermediárias em relação às espécies parentais. Possuem grande velocidade de crescimento e habilidade de perfilhamento e rebrota, após o corte ou pastejo, grande capacidade de produção de matéria seca sob condições de estresse ambiental, facilidade e baixo custo de implantação, alto valor nutritivo e grande capacidade de produção de matéria seca (Rodrigues, 2000).

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 linha ou a lanço. Para o plantio em linha, com o objetivo de se realizar corte e oferecimento no cocho, recomenda-se o uso de 10 a 12 kg de semente/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, fenação ou cobertura morta, recomenda-se o uso de 20 a 30 kg de semente/ha e uma população de 600 mil plantas/ha (Ribas, 2008). Para corte verde o ponto ideal de colheita é quando a planta atinge o estágio de emborrachamento ou a idade de 50 a 55 dias pós-semeadura. Para pastejo e fenação, o ponto ideal de corte está entre 0,80 a 1,00 de altura, ou a idade de 30 a 40 dias pós-semeadura ou início da rebrota. Nas condições do Brasil Central, a época ideal para pastejo dos híbridos de sorgo com capim-sudão coincide quando as plantas atingem cerca de 1,0 a 1,2 m de altura, correspondendo a um período de 30 a 45 dias após o plantio, antes que as plantas emitam a inflorescência (Rodrigues, 2000).

A época de plantio tem influência direta sobre a produtividade de forragem em decorrência de vários fatores climáticos, especialmente umidade, temperatura e luminosidade. Entretanto, procura-se aliar a época de plantio de sorgo de corte com a demanda de forragem. No Brasil, os híbridos de sorgo com capim-sudão têm sido amplamente utilizados no Rio Grande do Sul para formação de pastagens temporárias de verão, que é característico por apresentar altas temperaturas e baixa precipitação pluviométrica. Nesta região, o plantio normalmente é feito a lanço e o sorgo é submetido ao pastejo. Já no Brasil Central, o objetivo é produzir uma forragem de qualidade durante o final do inverno e início da primavera quando as pastagens estão com baixa qualidade e baixa produção de massa. Nesta região, a principal forma de plantio é em linha o que propicia a colheita mecanizável (Zago, 1997). Sendo assim, estes híbridos podem ser uma alternativa em potencial para se tornar importantes na oferta de forragem verde de qualidade, reduzindo o período de utilização de recursos forrageiros como

silagem, cana-de-açúcar, ou feno (Rodrigues et al., 2000)

De acordo com Zago (1997), plantios efetuados em fevereiro, têm proporcionado produções entre 9 e 12 toneladas de matéria seca, em três cortes sucessivos, sem irrigação, o que equivale a uma produção de 40 a 60 toneladas de forragem fresca por hectare. Ribas et al. (2002) encontraram produções totais de matéria verde variando de 43,3 a 61,3 t/ha para doze híbridos colhidos aos 55 dias após o plantio e com 29 e 30 dias de rebrota, com plantio realizado em outubro. Gontijo et al. (2008a) avaliaram o potencial forrageiro de seis híbridos e observaram produções totais de matéria seca variando de 6,85 a 9,13 t/ha, em três cortes consecutivos, sendo que o plantio destes materiais foi realizado em agosto. Raupp et al. (2005) avaliaram a capacidade produtiva de diversas forrageiras como sorgo, milheto, capim-sudão e híbridos de sorgo com capim-sudão e observaram produção média acumulada de matéria seca de 7,69 t/ha, para quatro híbridos de sorgo com capim-sudão. Carneiro et al. (2004) avaliaram dezesseis híbridos de sorgo com capim-sudão e observaram produções acumuladas de 3,1 a 5,6 t/ha de matéria seca em três cortes, já Tomich et al. (2004) avaliando o potencial forrageiro de vinte e cinco híbridos obtiveram produções que variaram de 3,5 a 5,8 t/ha de matéria seca apenas no primeiro corte, 57 dias após o plantio.

Os fatores ambientais e a genética influenciam diretamente na produção e a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas. O efeito da estação do ano também é importante, podendo modificar a anatomia da planta e, conseqüentemente, a sua composição química (Magalhães, 1985; Raij, 1991). Medeiros et al. (1979) estudando o rendimento e a qualidade de híbridos de sorgo com capim-sudão, submetidos a diferentes níveis de adubação nitrogenada e observaram variações na

produção de massa seca de 9,10 a 16,5 t/ha, em resposta às doses de nitrogênio (0; 100; 200 e 300 kg N/ha). Simili et al. (2008), avaliaram o efeito de diferentes níveis de nitrogênio (N) (100, 200 e 300 kg) e potássio (K) (0, 80 e 160 kg) na adubação de híbridos de sorgo com capim-sudão e observaram que a adubação nitrogenada e potássica não influenciaram a produção de massa seca da forragem, e os valores para 100, 200 e 300 kg de N foram: 2,71; 2,68; 3,01 t/ha, respectivamente, e os valores para 0; 80 e 160 kg de K₂O foram: 2,77; 2,78 e 2,85 t/ha, respectivamente. De acordo com os autores, em razão da alta fertilidade do solo e da baixa precipitação pluviométrica, apenas a adubação nitrogenada de 100 kg/ha foi suficiente para o manejo adequado da cultura.

Valor nutricional

O valor nutritivo das plantas é afetado por fatores fisiológicos, morfológicos e ambientais, sendo que, no caso das plantas forrageiras, o declínio do valor nutritivo associado ao aumento da idade, normalmente é explicado como o resultado da maturidade da planta e conseqüentemente aumento da lignificação, afetando a digestibilidade (Vilela, et al. 2005). Contudo, a digestibilidade de dietas completas pode ser influenciada em função das características intrínsecas dos alimentos utilizados, como composição química, a quantidade consumida, o tamanho de partícula, o teor em água, a quantidade de fibra, entre outros (NRC, 1989).

Dentre os principais fatores que interferem na composição química e tem efeito direto sobre o valor nutricional da planta, é possível citar: a idade da planta, 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 luz, bem como a interação destes fatores (Van Soest, 1994).

De maneira geral, os híbridos de sorgo com capim-sudão apresentam elevado teor protéico (PB), baixos teores de fração fibrosa e alto coeficiente de digestibilidade da matéria seca (DIVMS) (Lima et al., 2005). Tomich et al. (2006) avaliaram o valor de dois híbridos de sorgo com capim-sudão em comparação a outros volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens. Os valores médios observados para estes dois híbridos foram de 64,75% para DIVMS e 16,65% para PB. Segundo os autores, este estudo demonstrou que os híbridos de sorgo de corte e pastejo avaliados se destacam em relação aos outros volumosos avaliados quanto ao teor protéico superior e à alta digestibilidade. Nas mesmas condições de plantio e utilização desse estudo, esses híbridos apresentam-se como opção de volumoso de elevado valor nutritivo para o período de escassez das pastagens.

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 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 médio para digestibilidade de 70,7%; 61,3% e 69,5%, proteína 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 1º, 2º e 3º corte. De acordo com os autores, pode-se observar que os híbridos avaliados apresentaram elevado valor nutritivo em todos os cortes.

2.2. Parede celular

O consumo de energia é o principal fator limitante em dietas com elevadas proporções de forragem para animais de alta produção. A menor disponibilidade de energia observada nas forrageiras tropicais

é causada pela alta proporção de parede celular e pela limitada degradação dessa fração pela microbiota ruminal. A fibra é um componente necessário na dieta de ruminantes devido à otimização das funções do rúmen, em contrapartida, trata-se de compostos de digestão lenta e que necessitam de um longo período de retenção no rúmen para que sofram degradação (Weiss, 1993). O consumo de matéria seca e a produtividade dos animais estão muito associados ao controle físico provocado pelo enchimento do rúmen, por isso a digestibilidade da fibra passou a ser uma variável muito importante nos programas de melhoramento de plantas forrageiras (Mertens, 1992).

A qualidade das forragens está diretamente ligada às características da organização estrutural. Os microrganismos que habitam o rúmen possuem a capacidade de digerir a celulose e não a lignina. Como a estrutura do vegetal contém tanto celulose como lignina, diferenças na proporção de tecidos com lignina influenciam na qualidade das forragens (Silva et al., 2005).

De acordo com Jung e Fahey (1983) as plantas possuem substâncias que causam resistência à degradação biológica. Essas substâncias estão divididas em várias classes e possuem diversos mecanismos de ação. Uma destas classes compreende os compostos fenólicos, incluindo a lignina, os fenilpropanóides, os flavonóides, a cumarina e os taninos (Jung e Allen, 1995). A lignina é o fator que mais limita a disponibilidade dos componentes da parede celular para os microrganismos do rúmen. Com o avanço da maturidade da planta, ocorre redução na degradabilidade da parede celular. Uma das explicações para esta mudança é o aumento no teor de lignina. Entretanto, o efeito da lignina não depende apenas dos fatores quantitativos, mas também de aspectos qualitativos, como sua composição, sendo esta de vital importância na determinação de seus efeitos

negativos no valor nutritivo da forragem (Jung, 1989).

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 da forragem diminui drasticamente à medida que a planta se desenvolve, o mesmo acontecendo com a digestibilidade da proteína em função do aumento significativo de fibras. Analisando a qualidade nutritiva do sorgo de corte e pastejo em Sete Lagoas, na região central mineira, na altura de pastejo (1 a 1,20 m de altura), têm-se encontrado valores de 9% a 12% de proteína bruta no colmo, 15% a 18% nas folhas e 12% a 16% na planta inteira. Ademosum et al. (1968), avaliaram um híbrido de sorgo com capim-sudão colhido em duas épocas de corte e observaram alteração significativa no valor nutricional deste material. Houve decréscimos no teor protéico de 19,6% para 10,3%, aumentos nos teores de lignina de 2,59% para 4,61% e de fibra bruta de 29,9% para 37,8%, e reduções no consumo voluntário por carneiros de 52,4 g/kg PV0,75 para 41,0 g/kg PV0,75 e coeficiente de digestibilidade da MS de 71,7% para 55,8% , respectivamente para 52 e 85 dias após o plantio. De acordo com Edwards Jr. et al. (1971), as rápidas variações na composição desses híbridos são devidas ao seu crescimento acelerado, o que pode resultar em dificuldades no manejo da forrageira para o máximo desempenho animal.

Ligninas

A parede celular lignificada dos vegetais é formada essencialmente por microfibrilas de celulose, uma matriz amorfa de hemiceluloses e pectinas, e compostos fenólicos. Os compostos fenólicos em questão são compreendidos pelas ligninas,

que são complexos aromáticos heterogêneos resultantes da polimerização dos álcoois hidroxicinâmico p-coumarílico, coniferílico e sinapílico também chamados de monolignóis, os quais formam respectivamente as subunidades hidroxifenila (H), guaiacila (G) e sinapila (S) (Grabber, 2005) (Figura 1). Pequenas quantidades de outros compostos fenólicos também podem ser incorporadas, em função da espécie, da composição genética e do tecido vegetal (Ralph et al., 2004a).

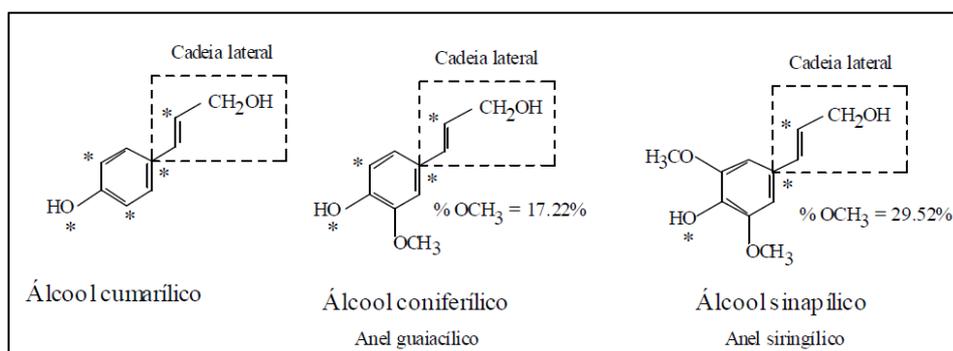
Além da classificação química, outra forma de se classificar as ligninas é através da sua susceptibilidade relativa à hidrólise (Van Soest, 1994; Lapierre, 1993).

- *Ligninas não core*: consistem de compostos fenólicos de baixo peso molecular, liberados da parede celular por hidrólise, que são representadas por ácidos p-hidroxicinâmico éster-ligados.

- *Ligninas core*: consistem de polímeros fenilpropanóides da parede celular, altamente condensados e muito resistentes à degradação. Eles são compostos de unidades p-hidroxifenila (H), guaiacila (G) e sinapila (S), em proporções diferentes, de acordo com sua origem (Figuras 1 e 2).

Existem evidências que no início da vida das plantas superiores predominavam as ligninas cumarílicas (C) em pteridófitas, e só depois surgiram as ligninas cumarílicas/guaiacílicas (C/G) que dominaram o reino vegetal nas Gimnospermas. Depois, com o aparecimento das Angiospermas, as ligninas guaiacílicas/siringílicas (G/S) predominaram, tornando assim a melhor forma composicional adaptativa, mesmo considerando uma maior fragilidade molecular destas biomoléculas (Monteiro et al., 2004).

A habilidade de sintetizar lignina foi essencial na transição das plantas do meio aquático para o meio terrestre (Boerjan et al., 2003). Este composto é detectado em maior quantidade na parede secundária de células, sobretudo das fibras, vasos e traqueídeos do xilema, dotando-os de rigidez, suporte mecânico e impermeabilidade, o que possibilita o transporte de água e solutos sob pressão negativa sem colapso dos tecidos. Ocorre também, em menor quantidade, no periderma associado à suberina, onde age como uma barreira contra patógenos (Rogers e Campbell, 2004).



A composição da lignina varia significativamente entre espécies, dentro da espécie e também na mesma planta. As variações observadas nos tecidos ocorrem de célula para célula, de acordo com a localização na parede celular, conforme o estágio de desenvolvimento da célula e do tecido, e ainda com a influência de estresses ambientais. De acordo com Campbell e Sederoff (1996), o papel biológico desta variação na composição e sua interferência sobre a estrutura e função das ligninas ainda permanecem mal compreendidos.

Apesar do importante papel exercido pelas ligninas sobre a sobrevivência das plantas, o processo de lignificação dos carboidratos estruturais está associado à limitação da degradação da matéria seca pelos microrganismos do rúmen, reduzindo assim o valor nutricional da forragem (Cherney et al., 1991). A variação na estrutura das ligninas, bem como as diferentes intensidades de ligação com os componentes da parede celular vão apresentar também efeitos variáveis sobre a degradação dos carboidratos e aproveitamento pelos animais (Barrière et al., 2004a; Ralph et al., 2004b).

A complexidade estrutural das ligninas depende das ligações formadas entre as

unidades constitucionais (C3C6) durante o processo de lignificação. De acordo com a atividade das enzimas na síntese de lignina, a composição será alterada devido às variações nas proporções dos monolignóis. Assim, numa classificação inicial de ligninas segundo a presença dessas unidades, tem-se que: ligninas de madeiras duras, ou angiospermas, são formadas principalmente de unidades G e S; ligninas de madeiras moles, ou gimnospermas, são formadas fundamentalmente de unidades G; ligninas de gramíneas compreendem G-S-H. Porém, existem ligninas de certas espécies de gimnospermas e de gramíneas que apresentam abundância de G e S (Chen et al., 2001) (Tabela 1).

Biossíntese das ligninas

A síntese de lignina na planta representa uma das biossínteses que mais demandam energia e requer uma grande quantidade de esqueleto de carbono. As etapas de síntese das ligninas têm sido extensivamente estudadas e muitas enzimas envolvidas nesta rota biossintética foram caracterizadas e os genes correspondentes foram determinados (Tsai et al., 1998). (Figura 2)

Figura 1 – Principais precursores da lignina e respectivos sítios reativos (*)
Adaptado de Monteiro et al. (2004)

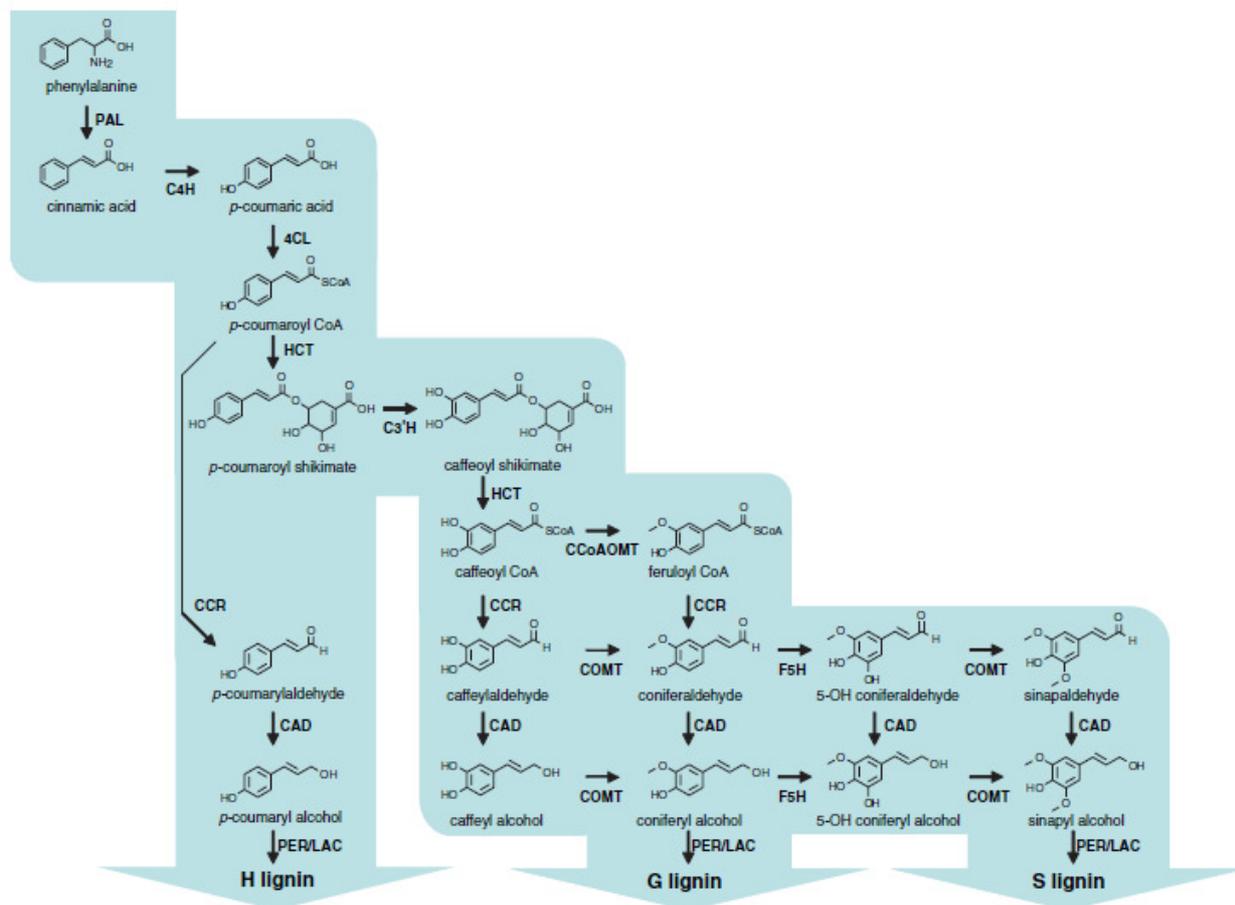


Figura 2 – Biossíntese de lignina nos vegetais
 Fonte: Li et al. (2008)

Tabela 1. Proporções dos grupos hidroxifenil (H), guaiacil (G) e sinapil (S) obtidos pela oxidação das ligninas.

Fontes	Hidroxifenil (%)	Guaiacil (%)	Sinapil (%)	Referência
Madeiras duras	4	56	40	Harkin, 1973
Madeiras moles	14	80	6	Harkin, 1973
Alfafa	7	39	54	Reeves, 1985
Casca de amendoim	3	90	7	Reeves, 1985
Gramíneas	22	44	34	Harkin, 1973
Palha de milho	30	34	36	Reeves, 1985
Palhada de trigo	11	47	42	Reeves, 1985

Fonte: Adaptado de Van Soest, 1994

Uma série de enzimas está envolvida na biossíntese da lignina: Fenilalanina

fenilalanina

Amônia-liase (PAL), Cinamato-4Hidroxilase (C4H), Hidroxicinamoil CoA

ácido cinâmico

ácido cumárico

coumaroil CoA

Ligase (4CL), 4-Hidroxicinamato 3-Hidroxilase (C3H), 5-Adenosil-Metionine:Cafeato/5-Hidroxi (OMT), Ferulato-5-Hidroxilase (F5H), Hidroxicinamoil CoA Redutase (CCR), Cinamil Álcool Desidrogenase (CAD) (Monteiro et al., 2004) (Figura 2).

Fenilalanina Amônia-liase (PAL) é uma das principais enzimas que atuam na formação dos precursores da lignina, catalisando a desaminação da fenilalanina a ácido trans-cinâmico (Raes et al., 2003). De acordo com Sewalt et al. (1997), a PAL torna-se o principal limitante na síntese de lignina quando sua atividade é reduzida de 25% para 20%, tal redução foi comprovada em tabacos geneticamente alterados.

Cinamato-4Hidroxilase (C4H) controla a conversão do cinamato em p-cumarato. São catalisadas três reações de hidroxilação sucessivas no anel na formação do monolignol, começando pela enzima C4H, seguindo pela C3H e a F5H (Dixon et al., 2001).

Hidroxicinamoil CoA Ligase (4CL) catalisa a formação de tio ésteres de CoA de ácido p-cumárico, cafeico, ferúlico, 5-hidroxiferúlico, e ácido sinápico (Hu et al., 1998). Recentes experimentos com transgênicos, avaliando o papel do 4CL, obtiveram resultados contraditórios em diferentes espécies, sugerindo variação de ação nas plantas. Tabacos transgênicos, com atividade reduzida de 4CL, tiveram uma maior redução no conteúdo de lignina siringila do que guaiacila, apesar de que ambos os tipos de lignina foram alterados (Kajita et al., 1997).

4-Hidroxicinamato 3-Hidroxilase (C3H) foi nomeada originalmente depois de sua função na hidroxilação do ácido p-cumárico. Algumas pesquisas demonstram que C3H1 é capaz de converter ácido p-cumárico no ácido cafeico, considerando que ácido p-cumárico e p-cumaroil - CoA

não são substratos desta enzima (Nair et al., 2002).

5-Adenosil-Metionine:Cafeato/5-Hidroxi (COMT) foi postulado por ser uma enzima bifuncional metilando o ácido cafeico e ácido 5-hidroxiferúlico nas plantas superiores. Porém, resultados obtidos in vitro usando plantas transgênicas revelaram que o papel predominante de COMT é a metilação do 5-hidroxiciniferaldeído e/ou álcool 5-hidroxiciniferílico para sinapaldeído e/ou álcool sinápico, respectivamente (Chen et al., 2001). A enzima CCoAOMT catalisa a metilação de cafeoil-CoA a feruloil-CoA e 5-hidroxiferuloil-CoA para sinapoil-CoA, junto com COMT, e é responsável pela metilação dos precursores dos monolignóis. De acordo com Zhong et al. (1998), a redução da CCoAOMT resultou em uma diminuição no teor e composição da lignina, porém, lignina guaiacila teve uma maior taxa de redução, resultando no aumento da relação S/G (siringila/guaiacila).

Hidroxicinamoil CoA Redutase (CCR) que catalisa a conversão de ésteres cinamoil-CoA a cinamaldeídos, é uma das enzimas da parte específica do caminho do monolignol na biossíntese da lignina. Em tabaco, a baixa regulação de CCR tem efeito no teor e composição da lignina, onde a relação S/G é maior, principalmente por causa de uma redução em unidades de G, porém, a lignina torna-se mais condensada.

Ferulato-5-Hidroxilase (F5H) participa da biossíntese de monômeros da lignina siringila, através da 5-hidroxilação do ciniferaldeído e/ou do álcool ciniferílico (Humphreys & Chapple, 2002).

Cinamil Álcool Desidrogenase (CAD) catalisa o último passo na biossíntese do monolignol, reduzindo-os a aldeídos e nos álcoois correspondentes. A enzima CAD reduz vários aldeídos, durante diferentes

fases de desenvolvimento. Além da função de regulação da lignificação, vários genes da CAD foram caracterizados em resposta a patógenos em plantas (Kiedrowski et al., 1992). A enzima CAD regula a composição da lignina S/G detectada em uma ampla variedade de plantas, cujo polimorfismo sugere que esta enzima apresenta especificidade diferenciada na composição da lignina de Gimnospermas e Angiospermas.

As enzimas que participam das etapas iniciais e intermediárias desta via de biossíntese são comuns à via dos fenilpropanóides, e os produtos finais dessa via comum são precursores de compostos fenólicos tais como flavonóides, taninos, ligninas, ésteres e fenolamidas. Portanto, a manipulação de genes que codificam essas enzimas pela transformação genética poderia interferir na síntese de vários compostos, além da lignina, comprometendo o desenvolvimento da planta (Studart-Guimarães et al., 2003).

As enzimas consideradas específicas na síntese de ligninas são a cinamoil-CoA redutase (CCR) e cinamil álcool desidrogenase (CAD), sendo o gene *cad*, que codifica a enzima CAD, é apontado como um dos principais alvos para manipulação genética (Studart-Guimarães et al., 2003).

Nas angiospermas, a enzima CAD é codificada por uma família de genes desenvolvidos para terem papéis distintos em diferentes estágios do desenvolvimento da planta. Devido à elevada similaridade entre estes genes do CAD, tem sido um desafio identificar e estudar o papel dos mesmos individualmente (Saballos et al., 2009). A recente análise do genoma do sorgo revelou a existência de 14 genes de codificação de enzimas CAD em sete posições genômicas diferentes. As comparações com milho e arroz revelaram diferenças sutis no número de gene, no

arranjo, e nos testes padrões da expressão (Saballos et al., 2009).

2.3. Mutação BMR

As plantas mutantes *BMR* são fenotipicamente caracterizadas pela presença de pigmentos amarronzados na nervura central das folhas e no colmo. Estes pigmentos estão fortemente associados à lignina, pois persistem na parede celular após a remoção de celulose e hemiceluloses (Halpin, et al. 1994). O fenótipo *BMR* é característico de plantas diplóides e pode ocorrer de forma espontânea na natureza ou ser provocado por engenharia genética (Barrière et al., 2004a).

A primeira planta de milho mutante *BMR* surgiu por auto-polinização e foi observada na natureza em 1924. A este primeiro gene mutante, foi dado o nome de *bm1* (Barrière et al., 2003). Outros três genes independentes (*bm2*, *bm3* e *bm4*) foram observados na cultura do milho, gerando características agrônômicas e químicas diferentes. Todos os quatro *bm* (*BMR*) mutantes são recessivos e seguem herança mendeliana simples (Li et al., 2008). Os quatro genes *bm*, quando presentes no milho, geram tecido vascular amarronzado nas folhas e colmos, e induzem à redução da concentração e alteração na composição do polímero de lignina na parede celular das plantas (Vermerris et al., 2002a). O gene *bm3* reduz o conteúdo de lignina das plantas de milho em aproximadamente 40% devido à depressão da atividade da enzima O-metiltransferase (OMT), o que aumenta a fibra em detergente neutro digestível (FDND) pela avaliação *in vitro* (Barrière e Argillier, 1993).

A mutação no sorgo foi provocada a partir do tratamento químico das sementes com di-etil sulfeto. A partir desse tratamento foram gerados 19 mutantes *BMR* de ocorrência independente identificados em progênies segregadas. Alguns desses

mutantes apresentam redução significativa do conteúdo de lignina e aumento da digestibilidade da parede celular. A partir destes 19 genes foram selecionados três de melhores características agronômicas (*bmr-6*, *bmr-12* e *bmr-18*) (Fritz et al., 1988). O *bmr-6* provoca redução da atividade da enzima cinamil álcool desidrogenase (CAD), enquanto que os *bmr-12* e *bmr-18* diminuem a atividade da enzima O-metiltransferase (OMT) na síntese de lignina da planta de sorgo (Oliver et al., 2005). Em outras forrageiras como milho e capim-sudão também foram observados os fenótipos mutantes *BMR* com redução dos teores de lignina na matéria seca.

A redução na atividade da enzima CAD, nas plantas mutantes, afeta a composição do polímero da lignina. Como consequência desta alteração, tem sido observada a incorporação de cinamil aldeído que é um substrato da enzima CAD no processo de síntese da lignina (Palmer et al. 2008; Saballos et al. 2008). Diversos trabalhos sobre a síntese artificial de polímeros de lignina têm demonstrado que a presença deste composto (cinamil aldeído) confere a cor avermelhada aos polímeros e pode causar o fenótipo amarronzado nos tecidos lignificados dos híbridos mutantes. (Higuchi et al., 1994; Tollier et al., 1995)

Em contraste aos métodos transgênicos, a mutação química pode ser aplicada à maioria das espécies vegetais. Além disto, a mutação não exige a transferência de genes entre espécies e, conseqüentemente, não está sujeita à críticas da opinião pública referente à biossegurança (Xin et al., 2008). Apesar das vantagens apresentadas no valor nutricional, os genes *bmr*, descobertos por volta de 1930, não foram introduzidos no banco de germoplasma comerciais até 1990 por apresentarem redução do vigor da planta e da produtividade (Casler et al., 2003). Atualmente, existem poucos híbridos de milho mutantes *BMR* disponíveis no mercado de sementes americano. Na

Europa, apesar da comprovada eficiência na alimentação animal, a reputação destes materiais para produção de silagem ainda é ruim (Barrière et al., 2004b).

Biossíntese da lignina nos mutantes BMR

Ainda que apresentem fenótipo aparentemente normal, evidências bioquímicas sugerem que as plantas mutantes *BMR* são deficientes em enzimas necessárias para biossíntese de lignina, o que reduz os teores de ácido cumárico e aumentam dos grupos aldeídos. Diversos trabalhos têm demonstrado a baixa atividade das enzimas OMT e CAD na biossíntese de lignina nas plantas mutantes de milho, sorgo, alfafa e tabaco (Barrière e Argillier, 1993; Marita et al., 2003; Oliver et al., 2005; Palmer et al., 2008; Saballos et al., 2008; Saballos et al., 2009)

Além da redução no teor de lignina, a proporção dos monômeros da lignina tende a estar alterada nas plantas mutantes. De acordo com Halpin et al. (1998), a produção de ambos monômeros G e S na lignina de híbridos de milho mutantes *bm1* são inferiores à lignina normal. Segundo os autores, o teor de lignina nas plantas *bm1* foi 20% inferior, porém, a produção dos monômeros G e S foi ainda menor, apresentando-se 65% inferior aos híbridos normais. Esses dados confirmam que a expressão CAD é modificada significativamente pela mutação *bm1*.

Saballos et al. (2009) estudando sorgo, avaliaram a expressão dos genes da família CAD de acordo com o tecido e estágio de desenvolvimento da planta. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 2. A atividade dos genes se mostrou variável entre os tecidos, o que sugere a idéia de haver uma expressão gênica tecido-específica.

Halpin et al. (1998) avaliaram a atividade enzimática na biossíntese de lignina de

híbridos de milho normais e mutantes com o objetivo de se determinar o efeito da mutação sobre os diversos tecidos e idades da planta. Os resultados demonstram que em todos os genótipos mutantes *bm1*, a atividade da enzima CAD foi significativamente reduzida em todos os estágios de desenvolvimento. Com 6 semanas de idade, a atividade da enzima CAD nos tecidos do colmo foi máxima nas

plantas normais, enquanto que nas plantas mutantes, a atividade desta mesma enzima foi 60% a 70% das plantas normais. Na avaliação de outros tecidos, a atividade da enzima CAD se apresentou inferior para os genótipos mutantes em comparação aos normais. As raízes foram severamente afetadas, sendo que foram observadas reduções de 90% a 97% na atividade da enzima CAD.

Tabela 2 – Expressão dos genes da família CAD avaliados em sorgos nos diferentes tecidos e estágio de desenvolvimento.

Gene	2º estágio		4º estágio		
	Broto	Raiz	Folha	Colmo	Raiz
SbCAD2	Médio	Alto	Muito alto	Muito alto	Alto
SbCAD4-2	Muito baixo	Baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo
SbCAD4-3	Baixo	Médio	Médio	Médio	Médio
SbCAD5	Variável	Muito baixo	Baixo	Baixo	ND
SbCAD6	Baixo	Baixo	ND	ND	Médio
SbCAD7	Médio	ND	Baixo	Baixo	ND
SbCAD8-1	Alto	Baixo	Médio	Médio	ND

ND – Não detectado

Fonte: Saballos et al. (2009)

Apesar de diversos trabalhos terem comprovados as modificações na composição e no teor de lignina no tecido vascular das plantas mutantes com baixa atividade da enzima CAD, é difícil atribuir funções restritas a genes individuais, sem ressaltar a capacidade complementar de funções da rede de enzimas CAD. Por não haver especificidade de substrato, a regulação enzimática na biossíntese de lignina no milho pode ser resultado da expressão gênica CAD tecido-específica (Raes et al. 2003; Guillaumie et al. 2007).

Engenharia genética

Inspirado na ocorrência natural de mutações na lignina, muito recurso tem sido investido em engenharia genética visando regular os

genes da via biossintética da lignina e conseqüentemente melhorar a digestibilidade de forrageiras. Os objetivos destes experimentos e seus resultados estão resumidos na Tabela 3. É notável que, em alguns casos, os diferentes estudos obtiveram resultados diferentes sobre o impacto da regulação de um determinado gene no teor de lignina, qualidade e digestibilidade da forrageira.

Alguns cuidados devem ser tomados no desenvolvimento das plantas mutantes. Plantas que apresentam a síntese de lignina comprometida ou com composição alterada, podem perder as capacidades de suportar sua própria estrutura e de auto-defesa contra pragas e doenças, e podem ser mais sensíveis a diferenças de umidade. Dessa

forma, o processo de lignificação na proporção e no local correto deve ser adequado para que o desenvolvimento das plantas não seja afetado (Rogers e Campbell, 2004).

Todos os trabalhos realizados até o presente momento levam à conclusão de que a biossíntese de monolignóis de lignina,

particularmente as etapas de metilação, podem utilizar diferentes vias metabólicas (Boudet, 2000). A existência de vias metabólicas alternativas assegura o adequado desenvolvimento das plantas mutantes e a utilização comercial desta tecnologia.

Tabela 3 – Engenharia genética de genes de biossíntese de lignina e seu efeito sobre a lignina e digestibilidade da forragem.

<i>Enzima</i>	<i>Espécie</i>	<i>Teor de lignina</i>	<i>Composição da lignina</i>	<i>Digestibilidade</i>	<i>Referências</i>
C4H	Alfafa	Reduziu	S/G reduziu	Aumentou	Reddy et al. (2005)
HCT	Alfafa	Reduziu	Alto H	Aumentou	Shadle et al. (2007)
C3H	Alfafa	Reduziu	Alto H	Aumentou	Reddy et al. (2005)
F5H	Alfafa	Não variou	S/G reduziu	Não variou	Reddy et al. (2005)
COMT	Alfafa	Reduziu	S/G reduziu Alto 5-OH-G	Aumentou	Guo et al. (2001)
COMT	Milho	Reduziu	S/G reduziu Alto 5-OH-G	Aumentou	He et al. (2003)
CAD	Alfafa	Não variou	S/G reduziu	Aumentou	Baucher et al. (1999)
CAD	Milho	Reduziu	S/G reduziu	Aumentou	Halpin et al., (1998)

Fonte: Adaptado de Li et al., 2008

2.4. Alterações botânicas e agronômicas nos mutantes *BMR*

Florescimento

Tempo de florescimento é definido como o período que vai do plantio até a emergência das estruturas reprodutivas funcionais. Cultivares mais precoces, normalmente,

apresentam redução da produtividade, em contrapartida podem ser benéficas por prevenir perdas no campo devido a adversidade climática, e por proporcionar várias safras durante um mesmo ano agrícola. Os fatores que afetam o florescimento variam entre as diferentes espécies de plantas, e nas gramíneas em particular, o mecanismo dessa transmissão ainda não está completamente entendido.

Os milhos mutantes *bm* (*BMR*) que apresentam alterações na composição da parede celular, apresentam diferença na dinâmica do florescimento quando comparados com as plantas normais. Isto pode ser um indicativo de que a biossíntese da parede celular pode estar associada a algumas características botânicas (Vermerris et al., 2002b). Segundo Vermerris et al. (2002a) os genes *bmr* já demonstraram afetar o período de florescimento das plantas de milho, tornando-as mais precoces ou tardias de acordo com o gene que foi introduzido. A mutação pelo gene *bm2* reduz o período de florescimento, enquanto que as plantas mutantes pelos genes *bm1* e *bm3* floriram depois das plantas normais. A lignina participa do mecanismo de transporte de água, e por estar em menor quantidade nos fenótipos mutantes, estaria causando um efeito de estresse hídrico na planta o que pode vir a interferir no florescimento da mesma.

Oliver et al. (2005), avaliaram o efeito da inclusão de dois genes mutantes *BMR* (*bmr-6* e *bmr-12*) em cinco diferentes cultivares de sorgo. Os materiais *bmr-6*, *bmr-12* e planta normal (controle) foram colocados lado a lado na área experimental para facilitar as comparações. Para o florescimento, houve interação significativa entre os genes *bmr* e as cultivares utilizadas. Na média das 5 cultivares, as plantas *bmr-12* floriram 3 dias depois que as plantas *bmr-6* e 4 dias depois que os grupos controles.

Vermerris et al. (2002b) avaliaram as alterações provocadas pela inclusão dos diferentes genes *bmr* nas plantas de sorgo sobre a precocidade das mesmas em comparação a plantas normais isogênicas (controle). O mutante *bmr-7* floriu antes que o controle (planta isogênica normal), enquanto que os mutantes *bmr-2*, *bmr-4*, *bmr-6*, *bmr-12* e *bmr-19* foram mais tardios. Para os mutantes *bmr-3* e *bmr-18*, não houve diferença no ponto de florescimento. Em todas as inclusões de genes mutantes *bmr* nesse experimento a porcentagem de plantas em florescimento não foi alterada. Isso prova que, para o sorgo, a manipulação da biossíntese da parede celular pode alterar a dinâmica de florescimento da planta. Segundo os autores, a incorporação específica de uma mutação *BMR* em programas de melhoramento de sorgo pode ser utilizada também como forma de manipulação do tempo de florescimento.

Crescimento e produtividade

As melhorias significativas na digestibilidade de forragem resultante do conteúdo de lignina reduzida são muitas vezes acompanhadas por perturbações no crescimento e desenvolvimento das plantas. As diferenças no desenvolvimento podem ser aparentes em todas as fases ou apenas em algumas fases específicas, como por exemplo, a germinação, formação da inflorescência ou rebrote, o que pode ou não comprometer a produtividade final desses materiais.

Alguns trabalhos tem relatado milhos mutantes *BMR* com produtividade de biomassa reduzida, além de redução no tamanho de espigas e redução na resistência a patógenos, pelo menos sob determinadas condições de cultivo ou de ambientes (Li et al., 2008). De acordo com Xin et al. (2008), a drástica redução da atividade da enzima COMT em sorgos mutantes resultou em diversas plantas alteradas, o que

comprometeu a produção de biomassa. Estes autores repetiram o processo de tratamento de sorgo com di-etil sulfeto e os principais fenótipos alterados observados foram: plantas anãs (17,3%), plantas albinas (14,8%), folhas estreitas (7,5%), múltiplos perfilhos (7,4%), plantas finas (7,3%), lesões (manchas) arredondadas nas folhas (6,5%) e folhas enroladas ou em espiral (5,0%).

Estes fenótipos podem ser resultado de redução drástica do teor de lignina. A deficiência de lignina nos vasos e traqueídeos do xilema, provavelmente, provocam o colapso das paredes celulares por não ser capaz de suportar a pressão negativa gerada durante a transpiração. Como resultado, o transporte de água é impedido, com efeitos deletérios sobre o crescimento da planta (Xin et al., 2008). Por outro lado, a despeito da aparente correlação entre a lignina e o baixo crescimento da planta, ainda não está claro se o fenótipo de crescimento anormal é causado pelo baixo teor de lignina, por si só. Uma explicação alternativa é que as perturbações na biossíntese da lignina podem afetar o acúmulo de alguns outros derivados da via de fenilpropanóides que são necessários ou que, direta ou indiretamente podem ter efeitos deletérios sobre o crescimento e desenvolvimento normal da planta (Li et al., 2008).

De acordo com Oliver et al. (2005), os genes *bmr* geralmente estão associados a características agrônômicas negativas, mas não são expressos de forma uniforme em diferentes cultivares. Na avaliação de diferentes genótipos de sorgo com a introdução de dois genes mutantes independentes, a altura das plantas foi influenciada significativamente pelos genes *bmr*, mas não houve interação entre gene e híbrido. Os híbridos normais foram maiores que os mutantes *bmr-12*, que foram maiores que os mutantes *bmr-6*. O acamamento de planta não foi afetado significativamente

pela introdução de genes *bmr*, já a produtividade da matéria seca foi alterada significativamente pela mutação *BMR* com interação com as cultivares utilizadas. Na média das 5 cultivares, os híbridos normais foram os mais produtivos, sendo que esses foram 10% mais produtivos que os mutantes *bmr-12* e 15% mais produtivos que os mutantes *bmr-6*. A produtividade variou de 10,1 t de MS/ha para um mutante *bmr-6* a 15,9 ton de MS/ha para uma planta normal.

Casler et al. (2003) avaliaram as alterações provocadas pela mutação *bmr-6* em dois diferentes cultivares de capim-sudão. Os fenótipos *BMR* apresentaram aumento no valor nutricional quando comparado com os materiais normais, porém, a produtividade foi reduzida. No primeiro corte, na média dos locais, dos anos agrícolas e das cultivares utilizadas, a redução na produtividade foi de aproximadamente 15% e no segundo corte (rebrote) a redução foi ainda maior, de 30%. Outras características agrônômicas como: capacidade de rebrote, porcentagem de germinação e altura de planta também foram reduzidas significativamente pela mutação *BMR*. Segundo o autor, para o capim-sudão, a mutação foi economicamente viável apenas no primeiro corte, já que o rebrote foi muito comprometido.

Lewis et al. (2004) avaliaram a produtividade de matéria seca de híbridos de milho para produção de silagem. O híbrido de milho mutante *BMR* apresentou uma produtividade de matéria seca (MS) 13% menor quando comparado a outros dois híbridos normais. Para o mutante *BMR*, a produtividade encontrada foi de 12,4 toneladas de MS por ha, enquanto que a média dos normais foi de 14,2 toneladas de MS por ha. Para Miller et al. (1983) citado por Casler et al. (2003), algumas cultivares de milho mutantes podem apresentar maior produção de matéria seca em comparação com materiais normais, porém, a produção

de grãos e conseqüentemente a proporção de grãos na massa ensilada estarão sempre deprimidas. Segundo os autores, a redução de produção de grãos pode ser 20% menor nos materiais mutantes.

Valor nutricional e resposta animal

Ebling e Kung Jr. (2004) compararam o desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagens de milho normal e mutante *BMR* processados. Estes volumosos também foram avaliados quanto ao valor nutricional e o comportamento ingestivo pelos animais. Para concentração de proteína bruta, a silagem do híbrido *BMR* (8,37%) foi superior ao híbrido normal (6,19%). Não foi observado diferença na concentração de FDN e FDA, porém para lignina, o material mutante *BMR* apresentou uma redução de 65% em comparação ao híbrido normal. Essa menor concentração de lignina para o híbrido *BMR* proporcionou uma maior degradação *in vitro* e *in situ* da FDN. A digestibilidade *in vitro* da FDN para o híbrido *BMR* foi de 54%, enquanto que para o híbrido normal foi de 39,9%. O consumo de matéria seca observado foi estatisticamente maior para o material *BMR*, e a produtividade de leite seguiu a mesma tendência. A produção de leite observada para o híbrido *BMR* foi de 44,3 Kg de leite/dia, enquanto que para o normal foi de 41,4 Kg de leite/dia.

Oba e Allen (2000) avaliaram o valor nutricional da silagem de um híbrido de milho mutante *bm3* em comparação a um híbrido normal em duas concentrações de FDN na dieta (29% e 38% de FDN na MS) de vacas leiteiras. As degradações ruminais da FDN e a digestibilidade no trato total da FDN não foram afetadas pelos híbridos de milho utilizados. A utilização de silagem de milho *BMR* resultou em redução da degradação do amido no rúmen e no trato digestível total, aumento da digestibilidade pós-ruminal do amido, aumento do fluxo de nitrogênio microbiano para o duodeno e

aumento na eficiência microbiana quando comparado com a silagem de milho controle (híbrido normal). De acordo com os autores, maior digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN) não resulta necessariamente em maior degradação ruminal da FDN ou digestibilidade da FDN no trato total, porém está associado a maior produção de leite, taxa de passagem, consumo de matéria seca e eficiência microbiana de produção de nitrogênio.

Barrière et al. (2004b) avaliaram a silagem de um híbrido de milho *bm3* mutante em comparação a de cinco híbridos de milho normais. Dos materiais testados, o mutante *BMR* se destacou sobre os demais por apresentar menor teor de lignina na MS o que proporcionou maior digestibilidade da FDN e consumo de MS pelos animais. A digestibilidade encontrada para o material *BMR* foi de 59,8%, superior à média dos materiais normais que foi de 49,5%.

Tine et al. (2000) avaliaram os efeitos da mutação *BMR* em milhos sobre a ingestão de energia líquida e a produção de vacas holandesas. Neste experimento foram utilizadas seis vacas da raça holandês no início da lactação, alimentadas com dietas contendo silagem de milho com nervura marrom (*bm3*) ou silagem de milho de híbridos isogênicos normais. Digestibilidade aparente de MS, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram maiores para o tratamento composto por silagem de milho *bm3*. A ingestão de matéria seca e a produção de leite (corrigida para 3,5%) foram, respectivamente, 10,5% e 7,03% maior para o tratamento com a silagem de híbrido *bm3* em comparação à dieta contendo a silagem dos híbridos isogênicos normais.

Tjardes et al. (2000) avaliaram a utilização da silagem de milho mutante *bm3* na digestão e no desempenho de novilhos de corte em crescimento. Foram utilizados 8

novilhos da raça angus alimentados com silagem de híbridos mutantes *bm3* ou do híbrido isogênico normal. O consumo de matéria seca e a digestibilidade da FDN foram, respectivamente, 12,2% e 10,5% maior para a silagem do híbrido mutante *bm3* em comparação ao híbrido normal. O tratamento com o material mutante resultou em melhoria (P <0,05) na digestibilidade aparente de MS, MO, FDN e FDA. A concentração média de AGV totais e proporções molares de acetato também foram aumentadas (P <0,05) com a utilização dos híbridos mutantes. Apesar de a silagem de milho mutante ter proporcionado um maior consumo de matéria seca e digestibilidade da fibra, não houve melhora no ganho médio diário durante o ensaio de desempenho.

Oliver et al. (2005) avaliaram o efeito da inclusão de dois diferentes genes mutantes *BMR* (*bmr-6* e *bmr-12*) sobre o valor nutricional de cinco diferentes cultivares de sorgo. Os genes e as cultivares não tiveram efeito sobre a concentração da FDN. Já para FDA, houve interação entre a introdução dos genes e as cultivares. Em algumas linhagens os *BMR* apresentaram maior conteúdo de FDA, em outras o híbrido normal foi quem apresentou maior conteúdo de FDA. Os teores de lignina foram afetados pelos genes *bmr* sem interação com as cultivares. As plantas *bmr-12* apresentaram menor concentração de lignina do que os normais e *bmr-6*, que não diferiram entre si. A DIVFDN também foi afetada pelos genes *bmr* sem interação com as cultivares. Os *bmr-6* e *bmr-12* apresentaram maior DIVFDN que os normais. Para o *bmr-12*, a maior digestibilidade pode ser justificada pela menor concentração de lignina. Para o *bmr-6*, que apresentou mesma concentração de lignina que os normais, a alteração na digestibilidade pode ser justificada por alteração na composição da lignina.

Oliver et al. (2004) avaliaram o desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagens de sorgo mutante *bmr-6* e *bmr-18* em comparação a silagens de milho e sorgo normais. O consumo de matéria seca não foi alterado pela mutação *BMR*, porém a produção de leite foi estatisticamente maior para as silagens de sorgo *bmr-6* (34,1 Kg/dia) e milho (33,8 Kg/dia) em comparação a silagem de sorgo normal (31,0 Kg/dia). O teor de gordura no leite respeitou a mesma tendência observada na produção de leite. A concentração dos ácidos graxos voláteis totais e o pH ruminal não diferiram entre as dietas e para degradação potencial da FDN (*in situ* com 48h de incubação), o sorgo convencional foi inferior às demais forrageiras avaliadas. A digestibilidade da matéria seca no trato digestivo total variou de 69,1% para a silagem de sorgo mutante *bmr-18* a 52,5% para a silagem de sorgo normal. Segundo os autores, neste experimento não foram utilizados híbridos isogênicos e dessa maneira os efeitos no valor nutricional e na produtividade dos animais não estão associados apenas com a presença do gene *bmr*, porém, este trabalho reforça a idéia de que as silagens dos sorgos mutantes apresentam bom potencial para suportar altas produções de leite assim como as silagens de milho.

Há um consenso científico de que a maior digestibilidade da matéria seca das forragens está diretamente associada à maior ingestão pelos animais. Essa maior ingestão tem sido atribuída ao aumento da taxa de passagem e de digestão da forragem no trato digestivo (Cherney et al., 1991; Jung e Allen, 1995). Alguns mutantes *BMR* também apresentam melhor palatabilidade. Mesmo em experimentos com curto período de pastejo, durante o qual a digestibilidade não é o fator primordial para a avaliação da ingestão, os ovinos tendem a escolher o híbrido de sorgo mutante *BMR* quando plantados lado a lado ao híbrido normal (Li et al., 2008). A razão para essa preferência

de pastejo não é clara. É possível que algum fator sensorial no material *BMR* o torna mais palatável e mais atrativo ao animal. Seja qual for a razão, essa maior aceitação pelos animais pode aumentar o valor nutricional das plantas mutantes *BMR*, por ter o potencial de aumentar o consumo.

2.5. Avaliação do consumo e digestibilidade aparente

Segundo Mertens (1994), o desempenho animal é dependente da ingestão de nutrientes digestíveis e metabolizáveis, sendo 60% a 90% do desempenho animal explicado pelas variações no consumo, e somente 10% a 40% são creditados à digestibilidade.

O consumo de matéria seca é afetado basicamente por aspectos relativos ao animal, ao alimento e ao ambiente (Oliveira, 1996). Para controle do consumo, intrínseco ao animal, uma série de teorias têm surgido ao longo dos anos, estando entre elas a quimiostática, a lipostática, a termogênese, a distensão gástrica, entre outras, sendo que estes fatores estão ligados direta ou indiretamente ao sistema nervoso central. Receptores locais ou periféricos esofageanos, estomacais, intestinais e hepáticos são responsáveis pela captação e envio de estímulos dos centros da fome e saciedade, localizados respectivamente nas regiões lateral e ventromedial do hipotálamo. Em ruminantes, produtos da fermentação como acetato e propionato ou mesmo outros metabólitos podem desempenhar função reguladora da ingestão (Van Soest, 1994).

Em dietas de baixa densidade energética e valor nutricional, o fator que desempenha o papel mais importante na regulação da ingestão de matéria seca é o enchimento do rúmen (Forbes, 1986; Van Soest, 1994; Valadares, 1997). Oliveira (1996) observou que em forragens com até 66,7% de

digestibilidade da MS, os fatores físicos (capacidade abdominal) preponderavam no controle do consumo, e que as dietas com digestibilidade maior do que esta, os fatores metabólicos desempenhavam papel mais importante.

A digestibilidade dos alimentos consumidos está relacionada à cinética da digestão e sua passagem pelo rúmen (NRC, 1987). Tanto a dieta como os fatores advindos dos animais afetam a taxa de passagem pelo rúmen, sendo que os fatores predominantes são a ingestão de alimento, a natureza física e química da dieta, o estado fisiológico dos animais e as condições climáticas. A maior correlação encontrada entre as características do alimento e a ingestão foi para a FDN, seguido pela FDA, lignina, peso do animal, e também nitrogênio insolúvel em detergente ácido (Mir, 1991). Experimentos conduzidos por Allen (2000) compararam forragens com teores de proteína e de FDN semelhantes, porém com diferentes digestibilidades da fibra, para vacas leiteiras em lactação. Constataram-se aumentos significativos na ingestão de matéria seca e produção de leite quando a digestibilidade da FDN era maior.

Apesar de alguns trabalhos mostrarem uma correlação positiva entre tempo médio de retenção e digestibilidade da fibra, o tempo médio de retenção não representa necessariamente maior ingestão de MS digestível. A maioria dos trabalhos tem encontrado que os tempos médios de retenção da partícula e fluidos diminuem à medida que a ingestão aumenta (Oliveira, 1996).

Várias substâncias presentes nas plantas podem causar resistência à degradação pelos microrganismos ruminais, destacando-se os fenilpropanóides que incluem as ligninas, flavonas, cumarinas, taninos e isoflavonas (Jung e Allen, 1995). A lignina é a principal fração da parede celular reconhecida por limitar o

aproveitamento nutricional de forragens. Segundo Jung e Deetz (1993), a lignificação da parede celular limita a fermentação microbiana, reduzindo a degradação das forragens por três mecanismos: efeito tóxico dos componentes da lignina aos microrganismos; hidratação superficial causada pelas ligações da lignina aos polissacarídeos, o que limita o acesso das enzimas fibrolíticas aos carboidratos; e através da criação de um ambiente hidrofóbico pelo polímero da lignina, o que impede a ação de enzimas hidrofílicas com função em meio aquoso.

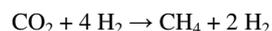
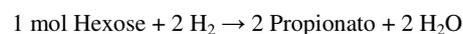
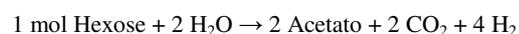
2.6. Técnica de produção de gases

O rúmen representa o principal sítio de digestão dos alimentos fibrosos e, portanto, o conhecimento da disponibilidade dos nutrientes nesse compartimento é fundamental para se estabelecer a máxima resposta microbiana (Nocek, 1988). Associado ao local de degradação das forragens, outra importante característica é o metabolismo energético dos ruminantes que é baseado na habilidade de digerir carboidratos estruturais, como a celulose (Van Soest, 1994). A celulose é um polímero de unidades de glicose, excepcionalmente estável, que é lentamente degradado por bactérias, protozoários e fungos, no ambiente anaeróbico do rúmen. De acordo com Mertens (1987), existe uma relação direta entre a degradação ruminal e a ingestão de forragens, indicando que o conhecimento da taxa de degradação se mostra como um instrumento de significativa importância para determinação do consumo voluntário de matéria seca. Por esta razão, o estudo da nutrição dos ruminantes deve envolver a avaliação e interpretação da taxa e da extensão da digestão (Schofield, 2000).

A energia necessária para promover o crescimento dos microrganismos ruminais é originada principalmente da fermentação dos carboidratos, gerando acetato,

propionato e butirato (Wolin, 1975). As técnicas *in vitro* de produção de gases medem os gases gerados pela forma direta na fermentação das pentoses e hexoses e de forma indireta na neutralização dos ácidos graxos voláteis pelo tampão bicarbonato presente no líquido ruminal ou saliva artificial (Getachew et al., 1998)

As reações estequiométricas da fermentação das hexoses foram descritas por Hungate (1996):



A única reação que não gera dióxido de carbono é para produção de propionato, sendo que substratos com elevada quantidade de carboidratos rapidamente degradáveis tendem a produzir mais propionato e menos gases diretos (Sarwar et al., 1992).

As principais metodologias para se avaliar a taxa de produção de gases usadas ultimamente são o teste das seringas de vidro graduadas, a técnica do transdutor manual e os sistemas automáticos (Pereira, 2003). O uso de um transdutor de pressão permite certificar a remoção dos gases dos frascos de fermentação, e com o auxílio de uma seringa plástica graduada, possibilita a mensuração do volume de gases produzidos (Theodorou et al., 1994). Em intervalos regulares, a pressão é medida, diretamente pelo transdutor, e o volume, através de seringas plásticas acopladas ao transdutor e ao frasco de fermentação, por uma válvula de três saídas. Os gases são removidos após cada leitura e o perfil de produção acumulativa de gases representa a cinética do processo fermentativo (Pereira, 2003).

Usando o mesmo tipo de transdutor, Maurício et al. (1999) eliminaram as leituras através de seringas e passaram a estimar o volume de gases através dos dados de pressão, pela função quadrática derivada de leituras simultâneas de pressão e volume de gases produzidos. Estes mesmos autores desenvolveram um “software” que permitiu o envio direto de dados do transdutor de pressão para um microcomputador e semi-automatizaram a técnica, possibilitando um incremento na acurácia das leituras, melhora na descrição da “lag time” a na capacidade de avaliar um grande número de alimentos, por bateria de fermentação.

As taxas de degradação da fibra são normalmente obtidas por métodos gravimétricos, os quais apresentam limitações, por serem laboriosas, não apresentarem boa repetibilidade e não permitirem a determinação das taxas de digestão da fração solúvel dos alimentos (Cabral et al., 2002). O método *in vitro* de produção de gases pode ser utilizado para a estimativa das taxas de digestão das frações solúveis e insolúveis dos carboidratos (Pell e Schofield, 1993) e fornecer dados para serem usados em modelos nutricionais (Schofield, 2000). Através da subtração das curvas de produção de gases do alimento intacto e da curva obtida pelo resíduo de fibra detergente neutro (FDN) deste mesmo alimento, podem ser estimados a curva de produção de gases para a fração solúvel em detergente neutro e seus respectivos parâmetros de degradação (Schofield e Pell, 1995). Segundo Schofield (2000), estes dados podem, ainda, fornecer os parâmetros A (açúcares, ácidos orgânicos, prontamente fermentados no rúmen), B1 (amido e pectina, os quais apresentam taxas intermediárias de digestão) e B2 (fração lenta e potencialmente digerível da parede celular), usados no CNCPS (The Cornell Net Carbohydrate and Protein System), que enfatiza a necessidade da sincronização do nitrogênio e carboidratos no rúmen, para

que se obtenha a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, bem como perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal (Russel et al., 1992; Sniffen et al., 1992).

Segundo Getachew et al. (1998), a técnica de produção de gases permite o estudo da cinética de fermentação, preservando a amostra a cada coleta de dados e permite a detecção da contribuição das frações solúveis dos alimentos para fermentação ruminal, nos períodos iniciais de digestão.

A fermentação dos alimentos no rúmen tem como função principal produzir ácidos graxos voláteis (AGV), que são fonte energética para os ruminantes, e servir como substrato para a microbiota ruminal. A técnica de produção de gases mede apenas a quantidade de substrato utilizada para a produção de AGV e outros gases, não levando em consideração a quantidade de substrato utilizado no crescimento microbiano (Getachew et al., 2004). Para Fondevila e Barrios (2001), o volume de gás depende da quantidade e proporções de AGV produzidos, sendo esses parâmetros inversamente relacionados com a síntese microbiana.

De acordo com Mould et al. (2005), diferenças no tipo e composição da solução tampão (proporção fosfato:bicarbonato), taxa e quantidade de produtos finais oriundos da fermentação podem afetar a produção de gases e diminuir a acurácia na determinação da cinética de degradação dos alimentos.

A técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999) possibilita a avaliação de um grande número de amostras, tem relativo baixo custo e alta repetibilidade, podendo, dessa forma, ser utilizada como metodologia para estudos de triagem e de seleção de forrageiras.

2.7. Calorimetria

A energia não é considerada um nutriente, sendo liberada do alimento pelos complexos processos metabólicos, uma vez que todos os constituintes orgânicos de uma dieta são susceptíveis à oxidação. Dessa forma, os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais dos seres vivos, e cada um desses nutrientes é considerado pelo seu potencial em produzir energia na combustão (Resende *et al.*, 2006).

O calor produzido na oxidação dos alimentos, tanto em laboratório como no corpo, se estima através de técnicas de calorimetria, que representa a mensuração de calor, através da qual os gastos energéticos dos animais podem ser estimados. Introduzida no início do século passado, a calorimetria indireta teve papel fundamental na investigação do metabolismo dos seres vivos (Diener, 1997), sendo um método não invasivo que determina as necessidades nutricionais e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do consumo de oxigênio e da produção de dióxido de oxigênio e metano, além do nitrogênio contido na urina.

A calorimetria indireta baseia-se no princípio de que a produção de calor metabólico é resultado da oxidação de compostos orgânicos. Dessa forma, se fossem oxidados completamente todos os compostos, a produção de calor poderia ser calculada pela quantidade de oxigênio consumida e a quantidade de dióxido de oxigênio produzida. Entretanto, outras formas de perda de calor devem ser consideradas: a oxidação incompleta da proteína, a qual determina a formação de compostos nitrogenados combustíveis que são excretados com a urina, sendo a uréia o principal composto; e a fermentação anaeróbica, a qual produz gases combustíveis, principalmente, o metano, devendo dessa maneira, ser também

computada no cálculo (Resende *et al.*, 2006).

A relação entre a quantidade de oxigênio consumido e a quantidade de gás carbônico produzido é referida como quociente respiratório (QR) e pode ser empregada para conhecer o tipo de substrato que está sendo oxidado pelo animal. Os coeficientes respiratórios de carboidratos, proteína e gorduras são 1,0; 0,8 e 0,7, respectivamente (Diener, 1997).

A metabolizabilidade representa a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta do alimento: $q = (EM/EB) \times 100$. Quando o animal está consumindo no nível de manutenção, a metabolizabilidade é referida como qm ; e quando está consumindo acima da manutenção qL , sendo L nível de ingestão dado em múltiplos da manutenção. O decréscimo da metabolizabilidade da dieta, quando o nível de consumo é alto, pode ser atribuído ao aumento na taxa de passagem, diminuindo a digestão dos carboidratos, com conseqüente diminuição da digestibilidade e aumento das perdas fecais (Geay, 1984).

Os valores de energia líquida ou eficiência parcial de utilização não são constantes, sendo influenciados pelo nível de ingestão no qual a mensuração é feita (Garret e Johnson, 1983). Desta forma, a relação entre a ingestão de energia e balanço de energia mostra-se curvilínea. Para determinar a eficiência parcial da EM, ou valores de EL, é necessário utilizar mais de um nível de consumo. Generalizou-se então a idéia de separar os custos energéticos para produção dos custos energéticos para manutenção.

Todos os sistemas utilizam a produção de calor em jejum como base para estimar a exigência de energia líquida para manutenção. Assim, a eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (Km) é

estimada como a razão entre a produção de calor em jejum (EL) e a produção de calor em manutenção (EM_m) (Van Soest, 1994). Dados da literatura indicam que a eficiência do uso da EM para manutenção (Km) é relativamente constante e independe da composição do alimento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- 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.
- BARRIÈRE, Y.; ARGILLIER, O. Brown midrib genes of maize: A review. *Agronomie*, v.13, p.865-876, 1993.
- BARRIÈRE, Y.; GUILLET, C.; GOFFNER, D.; PICHON, M. Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. *Animal Research*, v.52, p.193-228, 2003.
- BARRIÈRE, Y.; RALPH, J.; MÉCHIN, V.; GUILLAUMIE, S.; GRABBER, J. H.; ARGILLIER, O.; CHABBERT, B.; LAPIERRE, C. Genetic and molecular basis of grass cell wall biosynthesis and degradability. II. Lessons from brown-midrib mutants. *C. R. Biologies*, v.327, p.847-860, 2004a.
- BARRIÈRE, Y.; GONÇALVES, G. D.; EMILE, J. C.; LEFÈVRE, B. Higher intake of DK265 corn silage by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.87, n.5, p.1439-1445, 2004b.
- 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.
- BOUDET, A. M. Lignins and lignification: Selected issues. *Plant Physiology and Biochemistry*. v.38, p.81-96, 2000.
- CABRAL, L. S., VALADARES FILHO., S. C., DETMANN, E.; et al. Consumo e digestibilidades em bovinos alimentados com dietas à base de silagens de milho e de capim-elefante e feno de capim tifton-85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM
- CAMPBELL, M. M.; SEDEROFF, R. R. Variation in lignin content and composition. *Plant Physiology*, v.110, p.3-13, 1996.
- CARNEIRO, J.C.; NOVAES, L.P.; LIMA, C.B.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; LOPES, F.C.F.; LÉDO, F.S. Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor x Sorghum sudanense), sob regime de corte. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41º, 2004, SBZ, Campo Grande – MS. *Anais...* Campo Grande – MS, 2004. (CD-ROM)
- 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.; KOTA, P.; BLOUNT, J. W.; DIXON, R. A. Chemical synthesis of caffeoyl and 5-OH coniferyl aldehydes and alcohols and determination of lignin O-methyltransferase activities in dicot and monocot species. *Phytochemistry*, v.58, p.1035-1042, 2001.

- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R.; AKIN, D. E.; AXTELL, J. D. Potential of brown-midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Adv. Agron.*, v.46, p.157–198, 1991.
- DIENER, J. R. C. Calorimetria indireta. *Rev. Ass. Med. Brasil.* 1997. 43(3): 245-53
- DIXON, R. A.; CHEN, F.; GUO, D.; PARVATHI, K. The biosynthesis of monolignols: a “metabolic grid,” or independent pathways to guaiacyl and syringyl units? *Phytochemistry*, v.57, p.1069–1084, 2001.
- EBLING, T. L.; AND 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.2519–2527, 2004.
- EDWARDS Jr., N.C.; FRIBROURG, H.A.; MONTGOMERY, M.J. Cutting management effect on growth rate and dry matter digestibility of sorghum-sudangrass cultivar Sudax SX-11. *Agronomy Journal*, v.63, n.2, p.267-271, 1971.
- FONDEVILA, M.; BARRIOS, A. The gas production technique and its application to the study of the nutritive value of forages. *Cuban Journal of Agricultural Science*, v.35, n.3, p.187-195, 2001.
- FRITZ, J. O.; MOORE, K. J.; JASTER, E. H. Digestion kinetics and cell wall composition of brown midrib sorghum x sudangrass morphological components. *Crop Science*, v.30, p.213–219, 1988.
- GARRETT, W. N., and D. E. JOHNSON. 1983. Nutritional energetics of ruminants. *Journal of Animal Science*. 57 (Suppl. 2):478–497.
- GEAY, Y. 1984. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science* 58:766.
- GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S., et al. In vitro gas measuring techniques for assesment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Techn.*, v.72, p.261-281, 1998.
- GETACHEW, G.; ROBINSON, P.H.; DePETERS, E.J.; TAYLOR, S.J. Relationship between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.111, p.57-71, 2004.
- GONTIJO, M.H.R.; BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, M.M. 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.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, M.M.; PANCOTI, C.G. 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.
- GRABBER, J. H. How do lignin composition, structure, and cross-linking affect degradability? a review of cell wall model studies. *Crop Science*, v.45, p.820–831, 2005.
- GUILLAUMIE, S.; SAN-CLEMENTE, H.; DESWARTE, C.; MARTINEZ, Y.; LAPIERRE, C. MAIZEWALL. Database and developmental gene expression profiling of cell wall biosynthesis and assembly in maize. *Plant Physiology*, v.143, p.339–363, 2007.

- HALPIN, C.; HOLT, K.; CHOJECKI, J.; OLIVER, D.; CHABBERT, B. Brown-midrib maize (bm1): a mutation affecting the cinnamyl alcohol dehydrogenase gene. *Plant Journal*, v.14, p.545–553, 1998.
- HALPIN, C.; KNIGHT, M. E.; FOXON, G. A.; CAMPBELL, M. M.; BOUDET, A. M.; BOON, J. J.; CHABBERT, B.; TOLLIER, M. T.; SCHUCH, W. Manipulation of lignin quality by downregulation of cinnamyl alcohol dehydrogenase. *Plant Journal*. v.6, p.339–350, 1994.
- HIGUCHI, T., ITO, T., UMEZAWA, T., HIBINO, T.; SHIBATA, D. Red-brown colour of lignified tissues of transgenic plants with antisense CAD gene: wine-red lignin from coniferyl aldehyde. *Journal of Biotechnology*. v.37, p.151–158, 1994.
- HU, W. J.; KAWAOKA, A.; TSAI, C. J.; LUNG, J.; OSAKABE, K. Compartmentalized expression of two structurally and functionally distinct 4-coumarate: CoA ligase genes in aspen *Populus tremuloides*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. v.95, p.5407–5412, 1998.
- HUMPHREYS, J. M.; CHAPPLE, C. Rewriting the lignin roadmap. *Current Opinion in Plant Biology*, v.5, p.224–229, 2002.
- HUNGATE, R. *The Rumen and Its Microbes*. New York: Academic Press, 1996.
- JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agronomy Journal*, v.81, n.1, p.33–38, 1989.
- 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.
- JUNG, H.G.; FAHEY, C.G. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: a review. *Journal of Animal Science*, v.57, n.1, p.206–219, 1983.
- KAJITA, S.; HISHIYAMA, S.; TOMIMURA, Y.; KATAYAMA, Y.; OMORI S. Structural characterization of modified lignin in transgenic tobacco plants in which the activity of 4-coumarate: Coenzyme A ligase is depressed. *Plant Physiology*, v.114, p.871–891, 1997.
- KIEDROWSKI, S.; KAWALLECK, P.; HAHNBROCK, K.; SOMSSICH, I. E.; DANGL, J. L. Rapid activation of a novel plant defense gene is strictly dependent on the Arabidopsis RPM1 disease resistance locus. *EMBO Journal*, v.11, p.4677–4684, 1992.
- LAPIERRE, C. Application of new methods for the investigation of lignin structure. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; *et al.* *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: American Society for Agronomy, p.133–163, 1993.
- LEWIS, A. L.; COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Hybrid, Maturity, and Cutting Height Interactions on Corn Forage Yield and Quality. *Agron. Jour.* v.96, p.267–274, 2004.
- 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.; LOPES, F.C.F.; RODRIGUES, J.A.S. *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).

- MAGALHÃES, A. Fotossíntese. In: Ferri, M. *Fisiologia vegetal*. 2 ed. EPU: São Paulo. p.117-168, 1985.
- MARITA, J. M.; VERMERRIS, W.; RALPH, J.; HATFIELD, R. D. Variations in the Cell Wall Composition of Maize brown midrib Mutants. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, v.51, p.1313-1321, 2003.
- MAURICIO, R.M., MOULD, F.L., DHANOA, M.S., et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Techn.*, v.79, p.321-330, 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.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v.64, n.7, p.1548-1558, 1987.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. *Anais...* Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-219.
- MILLER, J. E.; GEADELMANN, J. L.; MARTEN, G. C. Effect of the brown midrib-allele on maize silage quality and yield. *Crop Science*, v.23, p.493-496, 1983.
- MONTEIRO, M. B. O.; PEREIRA, R. P. W.; ABREU, H. S. Bioquímica da lignificação de células xilêmicas. *Floresta e Ambiente*. v.11, n.2, p.48-57, 2004.
- MOULD, F.L.; MORGAN, R.; KLIEM, K.E.; KRYSTALLIDOU, E. A review and simplification of the *in vitro* incubation medium. *Animal Feed Science and Technology*, v.123-124, p.155-172, 2005.
- NAIR, R. B.; XIA, Q.; KARTHA, C. J.; KURYLO, E.; HIRJI, R. N.; DATLA, R.; SELVARAJ, G. Arabidopsis CYP98A3 mediating aromatic 3-hydroxylation. Developmental regulation of the gene, and expression in yeast. *Plant Physiology*, v.130, p.210-220, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D.C. National Academy of Science, National Academy Press. 1989, 157p.
- NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.*, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- 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: III - Digestibility and microbial efficiency. *J. Dairy Sci.*, p.1350-1358, 2000.
- OLIVER, A. L.; GRANT, R. J.; PEDERSEN, J. F.; O'REAR, J. 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.; KLOPFENSTEIN, T. J. 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.

- PALMER, N.; SATTLER, S. E.; SAATHOFF, A. J.; FUNNELL, D.; PEDERSEN, J. F. Genetic background impacts soluble and cell wallbound aromatics in brown midrib mutants of sorghum. *Planta*, v.229, p.115–127, 2008.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.1063-1073, 1993.
- PEREIRA, R. C., BAYNS, V. L. SOARES, L.; et al. Avaliação de híbridos de milho para silagem em Alfenas, Sul de Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBZ, 2003. CD-ROM
- RAES, J.; ROHDE, A.; CHRISTENSEN, J. H.; VAN DE PEER, Y.; BOERJAN, W. Genome-Wide Characterization of the Lignification Toolbox in Arabidopsis. *Plant Physiology*, v.133, n.3, p.1051-1071, 2003.
- RAIJ, B.V. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres; Potafos. Piracicaba. 1991, 343p.
- RALPH, J.; LUNDQUIST, K., BRUNOW, G.; LU, F.; KIM, H.; Schatz, P. F.; Marita, J. M.; Hatfield, R. D.; Ralph, S. A.; CHRISTENSEN, J. H.; BOERJAN, W. Lignins: natural polymers from oxidative coupling of 4-hydroxyphenyl propanoids. *Phytochem.* v.3, p.29–60, 2004a.
- RALPH, J.; GUILLAUMIE, S.; GRABBER, J. H.; LAPIERRE, C.; BARRIÈRE, Y. Genetic and molecular basis of grass cell-wall biosynthesis and degradability. III. Towards a forage grass ideotype. *C R Biologies.* v.327, p.467-479, 2004b.
- RAUPP, A.A.A.; BRANCÃO, N.; FRANCO, J.C.B. *Comportamento de cultivares no Ensaio Sul-Rio-Grandense de sorgo, para corte/pastejo, Capão do Leão, RS - 2004/2005*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005, p.1-4. (Comunicado Técnico, 129).
- RESENDE, K. T., TEIXEIRA, I. A. M. A., FERNANDES, M. H. R. Metabolismo de energia. In: Berchielli, T. T., Pires, A. V., Oliveira, S. G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP. p.111-140. 2006.
- 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. Versão Eletrônica disponível em: <<http://www.cnpms.Embrapa.br/publicacoes/sorgo/index.htm>>.
- RIBAS, M.N.; TOMICH, T.R.; GLÓRIA, I.R. Produção de matéria seca e de matéria natural, teor de matéria seca, altura de planta e relação folha/colmo de doze híbridos de sorgo submetidos a três cortes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, PE. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. (CD-ROOM)
- 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, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2000. p.179-201.
- ROGERS, L. A.; CAMPBELL, M. M. The genetic control of lignin deposition during plant growth and development. *New Phytologist*, v.164, p.17–30, 2004.
- RUSSEL, B. J.; O' CONNOR, J. D.; FOX, D. J., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattles diets: ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, v.70, n.12, p.1955-1963, 1992.

- SABALLOS, A.; EJETA, G.; SANCHEZ, E.; KANG, C.; VERMERRIS, W. A genomewide analysis of the cinnamyl alcohol dehydrogenase family in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] identifies SbCAD2 as the brown midrib6 gene. *Genetics*, v.181, p.783–795, 2009.
- SABALLOS, A., VERMERRIS, W.; RIVERA, L.; EJETA, G. Allelic association, chemical characterization and saccharification properties of brown midrib mutants of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Bioenerg.* v.1, p.193–204, 2008.
- SEWALT, V. J. H.; NI, W.; BLOUNT, J. W.; JUNG, H. G.; MASOUD, S. A. Reduced lignin content and altered lignin composition in transgenic tobacco down-regulated in expression of L-phenylalanine ammonialyase or cinnamate 4-hydroxylase. *Plant Physiology.*, v.115, p.41–50, 1997.
- SARWAR, M., FIRKINS, J.L. EASTRIDGE, M.L. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, p.1533–1542, 1992.
- SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Wallingford (UK): CAB International. 2000. 450p.
- SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. *Acta Botanica Brasilica*, v.19, n.1, p.183-194, 2005.
- SIMILI, F.F.; REIS, R.A.; FURLAN, B.N.; DE PAZ, C.C.P.; LIMA, M.L.P.; BELLINGIERI, B.A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. *Ciência Agrotécnica*, v.32, n.2, p.474-480, 2008.
- SNIFFEN, C.J.; O' CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P. J., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.
- STUDART-GUIMARÃES, C.; LACORTE, C.; BRASILEIRO, A. C. M. Transformação genética em espécies florestais. *Ciência Florestal*, v.13, n.1, p.167-178, 2003.
- 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. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v.48, p.185-197, 1994.
- TINE, M. A.; MCLEOD, K. R.; ERDMAN, R. A.; BALDWIN, R. L. effects of brown midrib corn silage on the energy balance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.84, p.885–895, 2000.
- TJARDES, K. E.; BUSKIRK, D. D.; ALLEN, M. S.; AMES, N. K.; BOURQUIN, L. D.; RUST, S. R. Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers. *Journal of Animal Science*, v.78, p.2957–2965, 2000.
- TOLLIERE, M.-T., CHABBERT, B., LAPIERRE, C. Lignin composition in transgenic poplar plants with modified cinnamyl alcohol dehydrogenase activity with reference to dehydropolymer models of lignin. In: BROUILLARD, R.; JAY, M.; SCALBERT, E. Polyphenols 94, Les Colloques, n.69, 1995. *Institut National de la Recherche*. 1995
- TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; TOMICH, R.G.P.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.56, n.2, p.258-263, 2004.

- TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; TOMICH, R.G.P.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Valor nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão em comparação ao de outros volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, n.6, p.1249-1252, 2006.
- TSAI, C. J.; POPKO, J. L.; MIELKE, M. R.; HU, W. J.; PODILA, G. K.; CHIANG, V. L. Suppression of O-Methyltransferase gene by homologous sense transgene in quaking aspen causes red-brown wood phenotypes. *Plant Physiology*. v.117, p.101–112, 1998.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VEIGA, A. C. Aspectos econômicos da cultura do sorgo. *Informe Agropecuário*, n.114, p.3-5, 1986.
- VERMERRIS, W.; THOMPSON, K. J.; MCINTYRE, L. M. The maize Brown midrib1 locus affects cell wall composition and plant development in a dose-dependent manner. *Heredity*, v.88, p.450–457, 2002a.
- VERMERRIS, W.; THOMPSON, K. J.; MCINTYRE, L. M.; AXTELL, J. D. Evidence for an evolutionarily conserved interaction between cell wall biosynthesis and flowering in maize and sorghum. *BMC Evolutionary Biology*, v.2, n.2, p.1-8. 2002b.
- VILELA, H.; VILELA, D.; BARBOSA, F.A.; BENEDETTI, E.; VILELA, H.B.; VILELA, C.B.B. Efeito da idade da planta sobre o valor nutritivo da forragem durante cinco anos. In: ZOOTECA 2005, 2005, Campo Grande - MS. *Anais...* Campo Grande-MS: UFMS, 2005.
- WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. *Journal of Dairy Science*, v.76, p.1802, 1993.
- WHEELER, J.L. Increasing animal production from sorghum forage. *World Animal Review*. n.35, p.13-22, 1980.
- XIN, Z.; WANG, M. L.; BARKLEY, N. A.; BUROW, G.; FRANKS, C.; PEDERSON, G.; BURKE, J. Applying genotyping (TILLING) and phenotyping analyses to elucidate gene function in a chemically induced sorghum mutant population. *BMC Plant Biology*, v.8, p.103, 2008.
- 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).
- ZHONG, R.; HERBERT, W. M.; NEGREL, J.; YE, Z. Dual Methylation Pathways in Lignin Biosynthesis. *Plant Cell*, v.10, p.2033-2046, 1998.
- WOLIN, M.J. Interactions between the bacterial species of the rumen. In: McDonald, I.W. and Warner, A.C. (eds) *Digestion and Metabolism in the Ruminant*. University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia, p.134–148, 1975.

CAPÍTULO III – EXPERIMENTO I

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE VINTE E CINCO HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTES - BMR

3.1. RESUMO

As características agronômicas e a composição química de 13 híbridos de sorgo com capim-sudão normais e 12 híbridos mutantes *BMR*, portadores de nervura marrom, foram avaliados e comparados em dois cortes sucessivos, aos 51 dias após o plantio e 31 dias de rebrote. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso e a comparação de médias efetuada pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$). Os valores de produtividade de matéria verde (PMV) e produtividade de matéria seca (PMS) variaram, respectivamente, de 18,6 a 51,2 t/ha e 1,6 a 5,1 t/ha. Na comparação dos pares de híbridos isogênicos, PMV e PMS dos híbridos normais foram, respectivamente, 16,25% e 24,64% maiores que a média de produção dos híbridos mutantes *BMR*. Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) variaram de 61,81% a 76,02%. Na comparação dos seis pares de híbridos isogênicos, a DIVMS média dos híbridos mutantes *BMR* foi 6,75% maior que a média dos seus pares normais. Os valores de proteína bruta (PB) variaram de 9,90% a 19,54%. Em média, o teor de PB dos híbridos mutantes *BMR* foi 10,72% maior que o teor de PB dos híbridos normais no segundo corte. A mutação *BMR* se expressou de forma desuniforme entre os diferentes cultivares avaliados, tanto para as características agronômicas quanto para a composição química. Os híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados apresentaram alto potencial forrageiro para a alimentação de ruminantes por apresentarem alta produtividade de matéria seca, elevado teor de proteína bruta e alto coeficiente de digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Palavras-chave: produtividade, ruminante, sorgo de corte e pastejo, valor nutricional.

3.2. INTRODUÇÃO

No Brasil, as gramíneas têm grande importância na pecuária, pois são os principais alimentos dos ruminantes. Entre as diversas espécies utilizadas na alimentação de ruminantes, o sorgo de corte e pastejo se destaca por apresentar alto potencial de produção de matéria seca e alto valor nutricional. Os híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* cv. bicolor) com capim-sudão (*Sorghum bicolor* cv. Sudanense) apresentam rápido estabelecimento, alta velocidade de crescimento, boa capacidade de perfilhamento, resistência à seca, pouca exigência quanto à qualidade do solo e bom valor nutritivo como características

desejáveis às plantas forrageiras (Rodrigues et al., 2004).

O potencial forrageiro de uma planta relaciona-se com sua capacidade produtiva e com seu valor para a alimentação animal. A produção de matéria seca por hectare de uma forrageira destinada à alimentação animal é uma característica importante a ser considerada na avaliação econômica do sistema de produção (Machado, 2009).

Historicamente, as plantas mutantes *BMR*, portadores de nervura marrom, em comparação às plantas normais ou convencionais, apresentam redução no vigor, na resistência a pragas e doenças, e na produtividade de matéria natural (Casler

et al., 2003). Apesar do seu menor valor agronômico, os genótipos mutantes apresentam menores teores de lignina e celulose e maior digestibilidade, consumo e produtividade por animal. O aumento da degradabilidade da matéria seca do mutante, em relação ao material normal, deve-se à diminuição dos componentes parietais e ao aumento da degradabilidade da FDN, esse último provocado pela menor concentração de lignina e por alterações na constituição química da lignina (Tovar-Gómez et al., 1997).

O conhecimento do valor nutritivo de forrageiras não só permite o balanceamento adequado das dietas à base de volumosos, como também fornece subsídios para adoção de estratégias de manejo e para a seleção de cultivares, visando à melhoria de sua qualidade nutricional. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar e de comparar o potencial forrageiro de 25 híbridos de sorgo com capim-sudão, sendo doze híbridos mutantes *BMR* e treze híbridos normais, através das determinações da altura de planta, número de plantas, produções de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível, teores de proteína bruta, FDN e FDA, e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1. Considerações gerais

O experimento foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo, localizada no Km 65 da rodovia MG424, no município de Sete Lagoas, na região metalúrgica de Minas Gerais. A Embrapa Milho e Sorgo situa-se nas coordenadas 19° 28' de latitude sul e 44° 15' de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 732 metros. Vinte e cinco

híbridos de sorgo com Capim-sudão (*Sorghum bicolor* L. Moench x *Sorghum Sudanenses* Piper Stapf) foram semeados em 19 de novembro de 2005 e a adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e as exigências da cultura, sendo utilizados 400 Kg/ha da fórmula 08-28-16 (N:P:K) + zinco no plantio e 100 Kg/ha de uréia em cobertura 25 dias após o plantio e após o primeiro corte. Para cada híbrido foram utilizados 3 canteiros (repetições), constituídos por 4 fileiras com 5 metros de comprimento e 35 centímetros de espaçamento entre fileiras.

Foram realizados, manualmente, dois cortes sucessivos em 09 de janeiro de 2006 e 09 de fevereiro de 2006, respectivamente aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias após o primeiro corte. Os cortes foram realizados apenas nas duas linhas centrais (parcela útil), descartando-se as duas linhas externas dos canteiros (bordaduras).

3.3.2. Descrição dos híbridos

Dos genótipos estudados, vinte e um foram híbridos experimentais e pertencem ao programa de melhoramento genético do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa, os demais híbridos são comerciais (testemunhas) (Tabela 1).

Parte dos materiais experimentais era composto por seis pares de híbridos isogênicos (156A x Tx2784, 156A x Tx2785, 157A x Tx2784, 157A x Tx2785, 205 x Tx2784, 205 x Tx2785). Os híbridos que compunham estes pares isogênicos diferenciavam apenas pela presença do gene *bmr-6* em um dos híbridos, conferindo a este o fenótipo com nervura marrom (*BMR: Brown-midrib*).

Tabela 1 – Híbridos de sorgo com capim-sudão utilizados Experimento

Híbridos experimentais (mutantes <i>BMR</i>)	Híbridos experimentais (normais)	Híbridos comerciais (normais)
CMSXS 156Abmr x Tx2784bmr	CMSXS 156A x Tx2784	BRS 801
CMSXS 156Abmr x Tx2785bmr	CMSXS 156A x Tx2785	BR 800
CMSXS 157Abmr x Tx2784bmr	CMSXS 157A x Tx2784	AG 2501
CMSXS 157Abmr x Tx2785bmr	CMSXS 157A x Tx2785	1P400
CMSXS 205bmr x Tx2784bmr	CMSXS 205 x Tx2784	
CMSXS 205bmr x Tx2785bmr	CMSXS 205 x Tx2785	
BR001bmr x Tx2784bmr	CMSXS 206 x Tx2784	
BR001bmr x Tx2785bmr	CMSXS 206 x Tx2785	
BR007bmr x Tx2784bmr	Tx636 x Tx2785	
BR007bmr x Tx2785bmr		
Tx635bmr x Tx2784bmr		
Tx635bmr x Tx2785bmr		

3.3.3. Procedimento experimental

Na avaliação agrônômica, foram determinados os seguintes parâmetros: estande de plantas, índice de rebrote, altura das plantas, e produtividade de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível.

O estande de plantas foi obtido através da contagem das plantas presentes na área útil de cada parcela. Esse dado foi convertido em mil plantas por hectare através da multiplicação pelo fator de conversão 2,857 = $[10/(2 \text{ linhas} * 5 \text{ m} * 0,35 \text{ m de espaçamento entre linhas})]$. A altura das plantas foi determinada através da medida do nível do solo à extremidade superior da planta, em 20% das plantas de cada parcela.

As plantas existentes em cada canteiro foram cortadas manualmente rentes ao solo, e todo o material foi pesado, sendo o resultado utilizado para cálculo de produção das matérias verde e seca. Esses dados foram convertidos em toneladas por hectare através da multiplicação pelo fator de conversão 2,857 = $[10/(2 \text{ linhas} * 5 \text{ m} * 0,35 \text{ m de espaçamento entre linhas})]$. As amostras da planta inteira foram picadas em picadeira estacionária, homogeneizadas,

amostradas em sacos de papel e identificadas. Essas amostras foram imediatamente transportadas para o Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, onde foram submetidas à pesagem e pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após esse período, o material retirado da estufa foi deixado à temperatura ambiente por 2 horas para estabilização do peso e então determinou-se a porcentagem de matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 milímetro, e armazenadas em recipientes de polietileno.

3.3.4. Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da EV-UFMG, em Belo Horizonte. Foram determinados os teores de matéria seca em estufa a 105°C (AOAC, 1980), proteína bruta (PB), a partir da determinação do conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) utilizando-se aparelho da marca Büchi para destilação e titulação, frações fibrosas (fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido) pelo método sequencial de

Robertson e Van Soest (1981) em aparelho analisador de fibra modelo Ankom 220 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA).

Os resultados obtidos na avaliação dos conteúdos de MS foram utilizados para determinação da produção de matéria seca. As amostras da planta inteira foram submetidas à análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca, segundo procedimento descrito por Tilley e Terry (1963), adaptado por Holden (1990), e os resultados foram utilizados para determinação da produção de matéria seca digestível por hectare.

3.3.5. Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo vinte e cinco híbridos, três repetições (blocos) e dois cortes, segundo o seguinte modelo estatístico:

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

em que,

Y_{ij} = valor referente à observação do híbrido i , no corte j e no bloco k ;

μ = média geral;

H_i = efeito dos híbridos ($i = 1, 2, 3...25$);

C_j = efeito do corte ($j = 1, 2$);

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

B_k = efeito do bloco ($k = 1, 2, 3$)

e_{ijk} = erro aleatório associada à observação

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (2007) e, devido ao número elevado de tratamentos, na comparação das médias foi empregado o teste de agrupamentos Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura de planta

Na tabela 2, estão apresentados os valores de altura em metros, número de plantas por hectare e índice de rebrote dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Os valores de altura de planta ao primeiro corte variaram de 1,15 a 1,67 m, respectivamente para os híbridos BR007bmr * Tx2784bmr e CMSXS156A * Tx2785. Os híbridos normais CMSXS156A * Tx2784, CMSXS156A * Tx2785, CMSXS157A * Tx2784, CMSXS157A * Tx2785, CMSXS205 * Tx2785, CMSXS206 * Tx2785, Tx636 * Tx2785, 1P400, AG 2501 e BRS 801, e mutante *BMR* CMSXS156Abmr * Tx2785bmr apresentaram altura de plantas ao primeiro corte semelhantes ($P > 0,05$) e superiores ($P < 0,05$) aos demais híbridos. No segundo corte, a altura das plantas variou de 0,87 m, para os híbridos BR007bmr * Tx2784bmr, a 1,28 m, para os híbridos AG 2501 e BRS 801. Os híbridos mutantes *BMR* CMSXS156Abmr * Tx2784bmr, CMSXS157Abmr * Tx2784bmr, CMSXS157Abmr * Tx2785bmr, BR001bmr * Tx2785bmr, BR007bmr * Tx2784bmr, BR007bmr * Tx2785bmr, Tx635bmr * Tx2784bmr, Tx635bmr * Tx2785bmr apresentaram altura das plantas, ao segundo corte, semelhantes ($P > 0,05$) entre si e inferiores ($P < 0,05$) aos demais híbridos.

Tomich et al. (2004) avaliaram vinte e três híbridos de sorgo com capim-sudão normais e observaram, aos 57 dias após o plantio, alturas de plantas variando de 1,22 a 1,70 m, valores estes semelhantes aos observados para o primeiro corte deste trabalho que foi realizado 51 dias após o plantio. Em contrapartida, Mello et al. (2003) avaliaram o híbrido normal AG 2501 em duas idades de corte e observaram valores de altura de planta inferiores às observadas para o mesmo híbrido neste trabalho. As alturas observadas pelos

autores foram 1,05 e 1,16 m, respectivamente para 50 e 85 dias após o plantio.

O monitoramento da altura é útil no sentido de gerar uma variável que possa indicar a produção de matéria seca, minimizando a necessidade de amostragens destrutivas e

Tabela 2 – Valores médios de altura de plantas em metros e número de plantas por hectare (1000/ha) de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.

Híbrido	Altura das plantas (m)		Número de planta (1000/ha)	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
CMSXS 156A x Tx2784	1,48 Aa	1,18 Ab	681,9 Ab	971,4 Ba
CMSXS 156Abmr x Tx2784bmr	1,28 Ba	0,97 Bb	495,2 Bb	804,8 Ca
CMSXS 156A x Tx2785	1,67 Aa	1,23 Ab	550,5 Bb	979,0 Ba
CMSXS 156Abmr x Tx2785bmr	1,48 Aa	1,12 Ab	436,2 Bb	742,9 Ca
CMSXS 157A x Tx2784	1,53 Aa	1,25 Ab	473,3 Bb	1053,3 Ba
CMSXS 157Abmr x Tx2784bmr	1,20 Ba	0,95 Bb	467,6 Bb	763,8 Ca
CMSXS 157A x Tx2785	1,62 Aa	1,25 Ab	497,1 Bb	972,4 Ba
CMSXS 157Abmr x Tx2785bmr	1,28 Ba	1,07 Bb	350,5 Bb	625,7 Da
IP400	1,62 Aa	1,22 Ab	791,4 Ab	1307,6 Aa
CMSXS 205 x Tx2784	1,42 Ba	1,23 Aa	500,0 Bb	820,0 Ca
CMSXS 205bmr x Tx2784bmr	1,27 Ba	1,22 Aa	557,1 Bb	816,2 Ca
CMSXS 205 x Tx2785	1,62 Aa	1,22 Ab	427,6 Bb	787,6 Ca
CMSXS 205bmr x Tx2785bmr	1,33 Ba	1,18 Aa	441,0 Bb	738,1 Ca
CMSXS 206 x Tx2784	1,30 Ba	1,22 Aa	544,8 Bb	1112,4 Ba
CMSXS 206 x Tx2785	1,53 Aa	1,15 Ab	536,2 Bb	1016,2 Ba
AG 2501	1,63 Aa	1,28 Ab	583,8 Ab	1328,6 Aa
BR001bmr x Tx2784bmr	1,40 Ba	1,22 Aa	593,3 Ab	970,5 Ba
BR001bmr x Tx2785bmr	1,28 Ba	0,95 Bb	370,5 Bb	581,9 Da
BR007bmr x Tx2784bmr	1,15 Ba	0,87 Bb	645,7 Ab	975,2 Ba
BR007bmr x Tx2785bmr	1,33 Ba	0,98 Bb	557,1 Bb	1061,0 Ba
BR 800	1,40 Ba	1,15 Ab	642,9 Ab	1113,3 Ba
BRS 801	1,60 Aa	1,28 Ab	738,1 Ab	979,0 Ba
Tx635bmr x Tx2784bmr	1,23 Ba	1,00 Bb	548,6 Bb	1040,0 Ba
Tx635bmr x Tx2785bmr	1,33 Ba	1,05 Bb	451,4 Bb	850,5 Ca
Tx636 x Tx2785	1,52 Aa	1,25 Ab	455,2 Bb	901,9 Ca
Média	1,42	1,14	533,5 b	932,5 a
CV (%)	9,26		15,52	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($P>0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha e mesmo parâmetro (comparando cortes), indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($P>0,05$).

também auxiliando como um referencial para se avaliar a maturidade da planta (Muia et al., 1999).

A presença de seis pares de híbridos isogênicos, diferindo apenas na presença do gene *bmr-6* em um dos híbridos componente de cada par, permitiu a avaliação do efeito da mutação BMR sobre as variáveis estudadas. No primeiro corte, em dois dos seis pares de híbridos isogênicos (CMSXS156A * Tx2785 e CMSXS205 * Tx2784) as alturas das plantas dos híbridos normais e mutantes não diferiram ($P > 0,05$) entre si, enquanto que nos demais pares os híbridos normais foram superiores ($P < 0,05$) aos seus pares mutantes. No segundo corte, três dos seis pares de híbridos isogênicos (CMSXS156A * Tx2785, CMSXS205 * Tx2784 e CMSXS205 * Tx2785) apresentaram igualdade ($P > 0,05$) entre os híbridos normais e mutantes, enquanto que nos demais pares os híbridos normais foram superiores ($P < 0,05$) aos seus pares mutantes, sugerindo haver uma interação entre genótipo e mutação *BMR*.

Ferreira (2008) avaliou as características agronômicas de 8 híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *BMR* e 7 híbridos normais, em três cortes sucessivos, e observou diferença estatística na altura de plantas entre híbridos normais e mutantes apenas no primeiro corte. De acordo com Oliver et al. (2005), os genes *bmr* geralmente estão associados a características agronômicas negativas, mas não são expressos de forma uniforme em diferentes cultivares, daí a necessidade de testá-los na maior quantidade possível de genótipos.

Número de plantas

Os valores de número de plantas ao primeiro corte variaram de 350,5 a 791,4 mil plantas por hectare, respectivamente para os híbridos CMSXS157Abmr *

Tx2785bmr e 1P400. Os híbridos normais CMSXS156A * Tx2784, 1P400, AG 2501, BR 800 e BRS 801, e mutantes BMR BR001bmr * Tx2784bmr e BR007bmr * Tx2784bmr apresentaram população de plantas ao primeiro corte semelhantes ($P > 0,05$) entre si e superiores ($P < 0,05$) aos demais híbridos. No segundo corte, o número de plantas variou de 581,9 a 1328,6 mil plantas por hectare, respectivamente para os híbridos BR001bmr * Tx2785bmr e AG 2501. Os híbridos normais 1P400 e AG 2501 se destacaram por apresentarem população de plantas, ao segundo corte, superiores ($P < 0,05$) aos demais híbridos, demonstrando alta capacidade de rebrote, enquanto que os híbridos experimentais mutantes CMSXS157Abmr * Tx2785bmr e BR001bmr * Tx2785bmr apresentaram população de plantas inferior ($P < 0,05$) aos demais híbridos neste mesmo corte. Para todos os híbridos avaliados, a população de plantas observada no segundo corte foi superior ($P < 0,05$) a do primeiro corte, demonstrando a grande capacidade de rebrote de todos os híbridos avaliados.

Tomich (2003) avaliou vinte e três híbridos de sorgo com capim-sudão normais e observou, aos 57 dias após o plantio, uma variação na população de plantas de 287,1 a 509,0 mil plantas por hectare, valores estes inferiores aos observados para o primeiro corte deste trabalho que foi realizado 51 dias após o plantio. Montagner et al. (2005) avaliaram os híbridos normais AG 2501 e BR 800 em três cortes sucessivos, e observaram valores de população de plantas semelhantes às observadas neste trabalho, para o mesmo híbrido no primeiro corte. No segundo corte, as populações observadas por estes autores foram 370 e 481 mil plantas/ha, respectivamente para os híbridos BR 800 e AG 2501, valores muito inferiores aos do presente trabalho.

No primeiro corte, apenas em um dos seis pares de híbridos isogênicos (CMSXS156A * Tx2784) o número de plantas do material

normal foi superior ($P < 0,05$) ao material mutante *BMR*, já no segundo corte, em quatro dos seis pares de híbridos isogênicos (CMSXS156A * Tx2784, CMSXS156A * Tx2785, CMSXS157A * Tx2784 e CMSXS157A * Tx2785) a população de plantas dos híbridos normais foi superior ($P < 0,05$) aos híbridos mutantes *BMR*, sugerindo que a mutação *BMR* não interferiu no estabelecimento inicial da cultura, porém, reduziu significativamente a capacidade de rebrote dos genótipos avaliados. Em média, os híbridos mutantes *BMR*, componentes dos seis pares isogênicos, apresentaram uma capacidade de rebrote 16,31% menor que os híbridos normais.

Produtividade de matérias verde e seca

Na Tabela 3, estão apresentados os valores de produção de matéria verde (PMV) em toneladas por ha (t/ha) e produção de matéria seca (PMS) em toneladas por hectare (t/ha) dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Os valores de produtividade de matéria verde (PMV) e produtividade de matéria seca (PMS), no primeiro corte, variaram respectivamente de 29,9 a 51,2 t/ha e 2,6 a 5,1 t/ha, sendo que as menores produtividades, tanto de MV quanto de MS, foram observadas para o híbrido CMSXS205bmr * Tx2784bmr e as maiores produções para o híbrido CMSXS156A * Tx2785. No segundo corte, as produções de MV e MS variaram, respectivamente, de 18,6 a 35,8 t/ha e 1,6 a 3,5 t/ha, sendo que as menores produções, tanto de MV quanto de MS, foram observadas para o híbrido CMSXS205bmr * Tx2784bmr e as maiores produções para o híbrido CMSXS156A * Tx2785. Para os parâmetros e cortes descritos, apenas no segundo corte não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as PMV dos genótipos avaliados. Na comparação entre cortes, a média de PMV e PMS dos híbridos avaliados foi 30% menor no

segundo corte, demonstrando a redução de produtividade do rebrote.

Gontijo et al. (2008a) avaliaram seis híbridos de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos. Os valores de PMS por hectare variaram de 1,71 a 2,28 t/ha. Ao contrário do presente trabalho, todos os materiais avaliados por estes autores apresentaram aumento da produção no segundo corte. Tomich et al. (2004) avaliaram vinte e três híbridos de sorgo com capim-sudão normais e observaram, aos 57 dias após o plantio, produções de MS variando de 3,5 a 5,8 t/ha, valores estes semelhantes aos observados no primeiro corte deste trabalho.

Na comparação dos pares de híbridos isogênicos, as PMV e PMS dos híbridos normais foram, respectivamente, 16,25% e 24,64% maiores que a média de produção dos híbridos mutantes *BMR* para os dois cortes realizados.

Ferreira (2008) avaliou as características agrônomicas de 8 híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *BMR* e 7 híbridos normais, em três cortes sucessivos. Quando foram comparados os pares de híbridos isogênicos, foi possível observar um par com até 38% de redução na PMS do material mutante *BMR* em comparação seu par isogênico normal. Segundo a autora, a diferença na resposta de alguns híbridos mutantes pode ter ocorrido devido à maior ou menor adaptação de alguns genótipos mutantes às condições edafoclimáticas do local onde se desenvolveu o experimento. Casler et al. (2003) avaliaram as alterações provocadas pela mutação *bmr-6* em dois diferentes cultivares de capim-sudão e observaram redução na produção dos materiais mutantes semelhante a observada no presente trabalho. No primeiro corte, na média dos locais, dos anos agrícolas e das cultivares utilizadas, a redução na produtividade dos híbridos mutantes foi de

Tabela 3 – Valores médios de produtividade de matéria verde (PMV) em toneladas por hectare (t/ha) e produtividade de matéria seca (PMS) em toneladas por hectare (t/ha) de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.

Híbrido	PMV (t/ha)		PMS (t/ha)	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
CMSXS 156A x Tx2784	42,3 Aa	22,9 Ab	4,30 Aa	2,20 Bb
CMSXS 156Abmr x Tx2784bmr	32,0 Ba	20,1 Ab	3,34 Ba	1,88 Bb
CMSXS 156A x Tx2785	51,2 Aa	31,8 Ab	5,08 Aa	3,24 Ab
CMSXS 156Abmr x Tx2785bmr	48,2 Aa	22,9 Ab	3,73 Aa	1,76 Bb
CMSXS 157A x Tx2784	42,7 Aa	30,9 Ab	3,92 Aa	3,17 Aa
CMSXS 157Abmr x Tx2784bmr	30,3 Ba	18,9 Aa	2,65 Ba	1,70 Ba
CMSXS 157A x Tx2785	47,8 Aa	30,9 Ab	4,04 Aa	2,83 Aa
CMSXS 157Abmr x Tx2785bmr	35,6 Ba	26,9 Aa	3,01 Ba	2,08 Ba
1P400	49,5 Aa	35,8 Ab	4,93 Aa	3,50 Ab
CMSXS 205 x Tx2784	38,7 Ba	26,1 Ab	3,84 Aa	2,47 Bb
CMSXS 205bmr x Tx2784bmr	29,9 Ba	30,1 Aa	2,63 Ba	3,08 Aa
CMSXS 205 x Tx2785	41,0 Aa	25,7 Ab	4,00 Aa	2,41 Bb
CMSXS 205bmr x Tx2785bmr	36,6 Ba	30,5 Aa	2,90 Ba	2,58 Ba
CMSXS 206 x Tx2784	30,9 Ba	33,1 Aa	3,19 Ba	3,11 Aa
CMSXS 206 x Tx2785	38,3 Ba	22,9 Ab	4,19 Aa	2,28 Bb
AG 2501	42,7 Aa	33,0 Aa	4,35 Aa	3,37 Aa
BR001bmr x Tx2784bmr	44,8 Aa	32,2 Ab	4,34 Aa	2,65 Ab
BR001bmr x Tx2785bmr	30,7 Ba	18,6 Ab	2,82 Ba	1,63 Ba
BR007bmr x Tx2784bmr	34,5 Ba	23,2 Aa	3,53 Aa	2,04 Bb
BR007bmr x Tx2785bmr	43,4 Aa	27,6 Ab	3,96 Aa	2,29 Bb
BR 800	37,7 Ba	28,8 Aa	3,98 Aa	2,80 Aa
BRS 801	47,4 Aa	32,0 Ab	4,31 Aa	3,05 Aa
Tx635bmr x Tx2784bmr	34,5 Ba	28,0 Aa	3,03 Ba	2,76 Aa
Tx635bmr x Tx2785bmr	40,0 Aa	26,5 Ab	3,41 Ba	2,20 Ba
Tx636 x Tx2785	40,0 Aa	32,8 Aa	3,87 Aa	3,54 Aa
Média	39,6	27,7	3,73	2,58
CV (%)	20,93		24,38	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($P>0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha e mesmo parâmetro (comparando cortes), indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($P>0,05$).

aproximadamente 15% e no segundo corte (rebrote) a redução foi ainda maior, de 30%. Segundo o autor, para o capim-sudão, a mutação foi economicamente viável

apenas no primeiro corte, já que o rebrote foi muito comprometido. Os resultados observados por estes autores foram semelhantes aos do presente experimento.

Conforme Ward e Blaser (1961) o perfilhamento das gramíneas forrageiras é a característica mais importante para o aumento da produtividade destas plantas, mas que pode ser influenciado pela genética do material e pelo sistema de manejo. Apesar dos relatos observados na literatura, no presente trabalho não foi observado correlação ($P > 0,05$) entre o número de plantas e produção de matéria seca por hectare.

Para sorgo, a avaliação da altura de planta torna-se importante devido a sua correlação positiva com a produção de matéria seca (Gonçalves et al., 2005) e negativa com o valor nutritivo da forragem (Schimid et al., 1976). Os resultados do presente experimento também apontaram nesse sentido. Foi observado correlação positiva ($P < 0,05$) entre a altura de planta e a produção de matéria seca ($r = 0,81$).

Digestibilidade in vitro da matéria seca

Na tabela 4, estão apresentados os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em porcentagem, e produtividade de matéria seca digestível (PMSD) em toneladas por hectare (t/ha) dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), no primeiro corte, variaram de 61,81% a 73,39%, respectivamente para os híbridos CMSXS157A * Tx2784 e CMSXS157Abmr * Tx2784bmr. No segundo corte, a DIVMS variou de 63,81% a 76,02%, respectivamente para os híbridos Tx636 * Tx2785 e Tx635bmr * Tx2785bmr. Apesar da diferença numérica nos valores médios de DIVMS, não foi observado diferença estatística ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados em ambos os cortes, e em todos os híbridos avaliados não foi observado diferença ($P > 0,05$) na DIVMS entre os cortes.

Lima et al. (2005) avaliaram dezesseis híbridos de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos e observaram valores médios para DIVMS de 70,7%; 61,3% e 69,5%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Apenas o valor do segundo corte foi inferior aos valores médios observados no presente trabalho. Tomich et al. (2006) avaliaram os híbridos normais AG 2501 e BR 800 com trinta dias de rebrote e observaram valores de DIVMS inferiores aos observados para o mesmo híbrido neste trabalho. A DIVMS do híbrido BR 800 foi 4 unidades menor, enquanto que a DIVMS do híbrido AG 2501 foi inferior em apenas 2,2 unidades do que os valores de DIVMS encontrados para os mesmos híbridos no presente trabalho.

Na comparação dos seis pares de híbridos isogênicos, embora não tenha sido observada diferença ($P > 0,05$) para a DIVMS, a média dos híbridos mutantes *BMR* foi 6,75% maior que a média dos seus pares normais. A mesma tendência foi observada por Tine et al. (2000) que encontraram aumento significativo na digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica de híbridos de milho mutante *BMR* em comparação a híbridos normais. Ferreira (2008) também não observou aumentos significativos na DIVMS de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *BMR* quando comparados com híbridos normais.

Produtividade de matéria seca digestível

Os valores de produtividade de matéria seca digestível (PMSD), no primeiro corte, variaram de 1,82 a 3,43 t/ha, respectivamente para os híbridos CMSXS205bmr * 2784bmr e CMSXS156A * Tx2785, sendo que foi observada diferença ($P < 0,05$) entre os híbridos avaliados. Dos híbridos mutantes *BMR* avaliados, os híbridos CMSXS156Abmr * Tx2785mr, BR007bmr * Tx2785bmr e BR001bmr * Tx2784 se destacaram por

Tabela 4 – Valores médios dos coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em porcentagem, e produtividade de matéria seca digestível (PMSD) em toneladas por hectare (t/ha) de híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes *BMR*, avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.

Híbrido	DIVMS (%)		PMSD (t/ha)	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
CMSXS 156A x Tx2784	66,91 Aa	68,16 Aa	2,88 Aa	1,50 Ab
CMSXS 156Abmr x Tx2784bmr	68,90 Aa	74,34 Aa	2,30 Ba	1,40 Ab
CMSXS 156A x Tx2785	67,47 Aa	65,51 Aa	3,43 Aa	2,12 Ab
CMSXS 156Abmr x Tx2785bmr	71,20 Aa	68,85 Aa	2,65 Aa	1,21 Ab
CMSXS 157A x Tx2784	61,81 Aa	66,48 Aa	2,42 Ba	2,11 Aa
CMSXS 157Abmr x Tx2784bmr	73,39 Aa	75,30 Aa	1,95 Ba	1,28 Aa
CMSXS 157A x Tx2785	62,46 Aa	66,83 Aa	2,53 Ba	1,89 Aa
CMSXS 157Abmr x Tx2785bmr	73,02 Aa	69,80 Aa	2,20 Ba	1,45 Ab
1P400	65,24 Aa	65,07 Aa	3,22 Aa	2,28 Ab
CMSXS 205 x Tx2784	67,42 Aa	67,28 Aa	2,59 Aa	1,66 Ab
CMSXS 205bmr x Tx2784bmr	69,19 Aa	71,53 Aa	1,82 Ba	2,20 Aa
CMSXS 205 x Tx2785	71,33 Aa	66,35 Aa	2,85 Aa	1,60 Ab
CMSXS 205bmr x Tx2785bmr	72,21 Aa	67,99 Aa	2,09 Ba	1,75 Aa
CMSXS 206 x Tx2784	67,36 Aa	68,94 Aa	2,15 Ba	2,14 Aa
CMSXS 206 x Tx2785	66,01 Aa	67,08 Aa	2,77 Aa	1,53 Ab
AG 2501	64,29 Aa	66,09 Aa	2,80 Aa	2,23 Aa
BR001bmr x Tx2784bmr	72,74 Aa	70,03 Aa	3,16 Aa	1,85 Ab
BR001bmr x Tx2785bmr	70,35 Aa	71,64 Aa	1,99 Ba	1,16 Aa
BR007bmr x Tx2784bmr	67,15 Aa	69,55 Aa	2,37 Ba	1,42 Ab
BR007bmr x Tx2785bmr	71,49 Aa	71,95 Aa	2,83 Aa	1,65 Ab
BR 800	69,27 Aa	69,57 Aa	2,75 Aa	1,95 Aa
BRS 801	69,42 Aa	65,20 Aa	2,99 Aa	1,99 Ab
Tx635bmr x Tx2784bmr	72,01 Aa	70,14 Aa	2,18 Ba	1,94 Aa
Tx635bmr x Tx2785bmr	72,45 Aa	76,02 Aa	2,47 Ba	1,67 Aa
Tx636 x Tx2785	64,53 Aa	63,81 Aa	2,50 Ba	2,26 Aa
Média	68,71 a	68,94 a	2,56	1,77
CV (%)	7,41		23,80	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($P>0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha e mesmo parâmetro (comparando cortes), indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($P>0,05$).

apresentar PMSD, no primeiro corte, semelhante ($P>0,05$) a dos híbridos normais comerciais 1P400, AG 2501, BR 800 e BRS 801, e superior ($P<0,05$) aos demais

híbridos mutantes *BMR*. No segundo corte, a PMSD variou de 1,21 a 2,28 t/ha, respectivamente para os híbridos CMSXS156Abmr * Tx2785bmr e 1P400,

sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados.

Gontijo et al. (2008b) avaliaram seis híbrido de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos e duas épocas de plantio. Os valores de PMSD por hectare variaram de 0,43 a 2,63 t/ha. Em apenas um dos cortes avaliados por estes autores, segundo corte da segunda época de plantio, a PMSD foi compatível com as produções observadas no presente trabalho.

A determinação da PMSD é um parâmetro de avaliação muito importante, pois combina os índices de produção com o valor nutricional (Tomich, 2003). No presente trabalho, a PMSD apresentou correlação ($P<0,05$) com PMS ($r = 0,96$), porém, não foi observada correlação ($P>0,05$) com a DIVMS.

Na comparação dos pares de híbridos isogênicos, as produções de MSD dos híbridos normais foram maiores que a média de produção dos híbridos mutantes *BMR* em 21,94% e 14,36%, respectivamente para o primeiro e segundo corte. A maior DIVMS (valores numéricos), observada nos híbridos mutantes *BMR*, não foi capaz de compensar a maior PMS apresentada pelos híbridos normais, o que demonstra a necessidade de se trabalhar em conjunto as características agrônômicas e bromatológicas das forrageiras nos programas de melhoramento de plantas.

Teor de matéria seca e proteína bruta

Na tabela 5, estão apresentados os valores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), em porcentagem da matéria seca, dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR* avaliados.

Os valores de matéria seca (MS), no primeiro corte, variaram de 7,74% a

10,94%, respectivamente para os híbridos CMSXS156Abmr * Tx2785bmr e CMSXS206 * Tx2785, sendo que foi observado diferença ($P<0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de MS variou de 7,71% a 10,80%, respectivamente para os híbridos CMSXS156Abmr * Tx2785bmr e Tx636 * Tx2785. Em todos os híbridos avaliados, não foi observado diferença ($P>0,05$) nos teores de MS entre os cortes.

A avaliação do teor de MS é importante devido a alguns fatores como: relação direta com a maturidade da planta e consumo de matéria seca. De acordo com NRC 1989, ocorre uma diminuição na ingestão de matéria seca total em 0,02% do peso corporal para cada aumento de 1% na umidade da dieta, a partir de 50%. Na média dos híbridos avaliados neste trabalho, no primeiro corte o teor de MS observado foi de 9,43%, enquanto que no segundo corte o teor de MS foi de 9,29%. Como todos os híbridos avaliados apresentaram alto teor de umidade (aproximadamente 90%), o consumo deste alimento poderá ser deprimido devido ao enchimento ruminal.

Os valores de proteína bruta (PB), no primeiro corte, variaram de 9,90% a 14,88%, respectivamente para os híbridos CMSXS205bmr * Tx2784bmr e CMSXS156A * Tx2785, sendo que para este corte, não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de PB variou de 12,52% a 19,54%, respectivamente para os híbridos CMSXS206 * Tx2784 e CMSXS157Abmr * Tx2785bmr, sendo que para este corte, foi observado diferença ($P<0,05$) entre os híbridos avaliados. Na média dos híbridos testados, o teor de PB no primeiro corte foi de 12,18%, enquanto que no segundo corte foi de 16,17%. Estes maiores valores numéricos de teor de proteína bruta no segundo corte podem ser justificados pela menor idade das plantas neste corte.

Tomich (2003) avaliou doze híbridos de sorgo com capim-sudão em três cortes sucessivos e observou valores médios de PB superiores aos do presente trabalho. Os valores médios encontrados por este autor

foram 15,3%; 19,1% e 17,8%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Montagner et al. (2005) avaliaram os híbridos normais AG 2501 e BR 800 em três cortes sucessivos, e

Tabela 5 – Valores médios de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), em porcentagem da matéria seca, de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota.

Híbrido	MS (%)		PB (%)	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
CMSXS 156A x Tx2784	10,17 Aa	9,61 Aa	11,46 Ab	16,78 Aa
CMSXS 156Abmr x Tx2784bmr	10,45 Aa	9,37 Aa	12,98 Ab	17,35 Aa
CMSXS 156A x Tx2785	9,92 Aa	10,18 Aa	12,47 Ab	16,25 Aa
CMSXS 156Abmr x Tx2785bmr	7,74 Ba	7,71 Ba	13,38 Ab	18,28 Aa
CMSXS 157A x Tx2784	9,19 Ba	10,29 Aa	11,51 Ab	15,84 Ba
CMSXS 157Abmr x Tx2784bmr	8,76 Ba	9,01 Ba	12,21 Ab	18,61 Aa
CMSXS 157A x Tx2785	8,46 Ba	9,17 Aa	11,81 Ab	16,35 Aa
CMSXS 157Abmr x Tx2785bmr	8,46 Ba	7,76 Ba	11,61 Ab	19,54 Aa
1P400	9,96 Aa	9,77 Aa	11,36 Ab	15,07 Ba
CMSXS 205 x Tx2784	9,94 Aa	9,47 Aa	12,69 Ab	15,51 Ba
CMSXS 205bmr x Tx2784bmr	8,80 Ba	10,23 Aa	12,27 Ab	16,57 Aa
CMSXS 205 x Tx2785	9,76 Aa	9,37 Aa	9,90 Ab	15,66 Ba
CMSXS 205bmr x Tx2785bmr	7,92 Ba	8,46 Ba	12,17 Ab	17,62 Aa
CMSXS 206 x Tx2784	10,32 Aa	9,38 Aa	12,02 Aa	12,52 Ba
CMSXS 206 x Tx2785	10,94 Aa	9,99 Aa	10,23 Aa	12,84 Ba
AG 2501	10,19 Aa	10,23 Aa	11,17 Ab	14,88 Ba
BR001bmr x Tx2784bmr	9,70 Aa	8,22 Ba	13,36 Ab	18,84 Aa
BR001bmr x Tx2785bmr	9,20 Ba	8,75 Ba	11,99 Ab	16,92 Aa
BR007bmr x Tx2784bmr	10,25 Aa	8,76 Ba	12,63 Ab	18,13 Aa
BR007bmr x Tx2785bmr	9,11 Ba	8,28 Ba	11,11 Ab	17,85 Aa
BR 800	10,54 Aa	9,74 Aa	11,53 Ab	15,05 Ba
BRS 801	9,09 Ba	9,54 Aa	13,71 Aa	15,64 Ba
Tx635bmr x Tx2784bmr	8,77 Ba	9,86 Aa	14,88 Aa	14,72 Ba
Tx635bmr x Tx2785bmr	8,52 Ba	8,31 Ba	14,19 Aa	16,91 Aa
Tx636 x Tx2785	9,68 Aa	10,80 Aa	11,90 Aa	13,76 Ba
Média	9,43	9,29	12,18	16,17
CV%	10,97		11,95	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($P>0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha e mesmo parâmetro (comparando cortes), indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($P>0,05$).

observaram valores médios nos três cortes de 18,04% e 20,21%, respectivamente para os híbridos AG 2501 e BR 800. Os valores observados por estes autores para os híbridos em questão foram superiores aos valores de PB observados para os mesmos híbridos no presente trabalho.

Na comparação dos pares de híbridos isogênicos, no primeiro corte, não foi observada diferença ($P>0,05$) no teor de PB entre os híbridos que compõem os pares, porém, no segundo corte, em três dos seis pares (CMSXS157A * Tx2784, CMSXS205 * Tx2784 e CMSXS205 * Tx2785), o teor de PB dos híbridos mutantes foi superior ($P<0,05$) ao dos seus pares isogênicos. Em média, o teor de PB dos híbridos mutantes *BMR* foi 10,72% maior que o teor de PB dos híbridos normais no segundo corte.

Ferreira (2008) comparou o teor de PB em híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, e observou valores médios de 15,0%; 12,9% e 15,3%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Os valores observados por este autor foram semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Quanto ao efeito da mutação, o autor sugere que apesar de ter sido observado alguns híbridos mutantes *BMR* com maior teor de PB, os resultados não podem ser creditados ao efeito da mutação e sim à diferença de acúmulo de MS observado entre os híbridos avaliados.

Fibra em detergente neutro

Na tabela 6, estão apresentados os valores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca, dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Os valores de FDN, no primeiro corte, variaram de 64,72% a 70,49%, respectivamente para os híbridos Tx635bmr

* Tx2785bmr e CMSXS205 * Tx2785, sendo que para este corte, não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de FDN variou de 53,70% a 66,74%, respectivamente para os híbridos Tx635bmr * Tx2785bmr e CMSXS205bmr * Tx2784bmr, com diferença ($P<0,05$) entre os híbridos testados. Na média dos híbridos testados, o teor de FDN no primeiro corte foi de 67,54%, enquanto que no segundo corte foi de 62,13%. Este maior valor numérico de teor de FDN nas plantas no primeiro corte pode ser justificado pela maior idade das plantas neste corte.

Lima et al. (2005) avaliaram dezesseis híbridos de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos e observaram valores médios para FDN de 52,2%; 58,4% e 56,9%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Os valores observados por estes autores foram inferiores aos valores médios de FDN encontrados no presente trabalho. Montagner et al. (2005) avaliaram os híbridos normais AG 2501 e BR 800 em três cortes sucessivos e observaram valores de FDN superiores aos observados para os mesmos híbridos neste trabalho. Os valores médios de FDN observados por estes autores foram 73,77% e 68,73%, respectivamente para os híbridos AG 2501 e BR 800.

Na comparação dos pares de híbridos isogênicos, no primeiro corte, não foi observada diferença ($P>0,05$) no teor de FDN entre os híbridos normais e mutantes *BMR* que compõem os pares, porém, no segundo corte, em dois dos seis pares (CMSXS157A * Tx2784, CMSXS157A * Tx2785), os teores de FDN dos híbridos mutantes foram inferiores ($P<0,05$) aos dos seus pares isogênicos.

De acordo com Saballos et al. (2009), a atividade dos genes *bmr* no sorgo se mostra variável entre os tecidos e idades de

Tabela 6- Valores médios de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca, de vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, avaliados em dois cortes sucessivos.

Híbrido	FDN (%)		FDA (%)	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
CMSXS 156A x Tx2784	69,27 Aa	56,24 Bb	42,92 Aa	36,75 Ab
CMSXS 156Abmr x Tx2784bmr	68,32 Aa	60,47 Bb	42,09 Aa	36,82 Ab
CMSXS 156A x Tx2785	65,95 Aa	61,96 Aa	39,93 Aa	35,94 Aa
CMSXS 156Abmr x Tx2785bmr	66,40 Aa	61,99 Aa	44,00 Aa	38,20 Ab
CMSXS 157A x Tx2784	69,47 Aa	63,13 Ab	43,91 Aa	37,79 Ab
CMSXS 157Abmr x Tx2784bmr	66,57 Aa	58,55 Bb	41,12 Aa	35,00 Ab
CMSXS 157A x Tx2785	69,11 Aa	62,47 Ab	45,28 Aa	37,42 Ab
CMSXS 157Abmr x Tx2785bmr	67,03 Aa	57,66 Bb	41,62 Aa	34,78 Ab
1P400	67,36 Aa	66,66 Aa	40,61 Aa	39,71 Aa
CMSXS 205 x Tx2784	69,25 Aa	64,22 Aa	43,06 Aa	42,79 Aa
CMSXS 205bmr x Tx2784bmr	67,09 Aa	66,74 Aa	42,15 Aa	39,25 Aa
CMSXS 205 x Tx2785	70,49 Aa	65,60 Aa	43,64 Aa	40,47 Aa
CMSXS 205bmr x Tx2785bmr	67,25 Aa	64,19 Aa	43,52 Aa	39,49 Aa
CMSXS 206 x Tx2784	67,99 Aa	66,23 Aa	41,83 Aa	37,73 Aa
CMSXS 206 x Tx2785	69,51 Aa	63,16 Ab	46,68 Aa	36,55 Ab
AG 2501	66,68 Aa	63,17 Ab	41,33 Aa	38,14 Aa
BR001bmr x Tx2784bmr	67,20 Aa	59,51 Bb	40,62 Aa	35,97 Aa
BR001bmr x Tx2785bmr	64,76 Aa	62,10 Aa	37,30 Aa	42,09 Aa
BR007bmr x Tx2784bmr	65,43 Aa	59,86 Bb	39,38 Aa	36,20 Aa
BR007bmr x Tx2785bmr	68,58 Aa	59,67 Bb	42,44 Aa	37,09 Ab
BR 800	68,71 Aa	60,54 Bb	41,85 Aa	36,31 Ab
BRS 801	66,43 Aa	64,23 Aa	41,89 Aa	38,04 Aa
Tx635bmr x Tx2784bmr	65,67 Aa	65,53 Aa	40,48 Aa	37,34 Aa
Tx635bmr x Tx2785bmr	64,72 Aa	53,70 Bb	40,12 Aa	35,74 Aa
Tx636 x Tx2785	69,33 Aa	65,78 Aa	42,90 Aa	38,18 Aa
Média	67,54	62,13	42,03	37,75
CV (%)		4,94		7,50

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($p>0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha e mesmo parâmetro (comparando cortes), indicam igualdade estatística pelo teste Skott-Knott ($p>0,05$).

desenvolvimento. Halpin et al. (1998) avaliaram a atividade enzimática na biossíntese de lignina de híbridos de milho normais em diversos tecidos e estágios de desenvolvimento da planta. Com 6 semanas

de idade, a atividade da enzima CAD nos tecidos do colmo foi máxima nas plantas normais, enquanto que nas plantas mutantes, a atividade desta mesma enzima foi 60% a 70% das plantas normais. Esta

diferença de atividade dos genes *CAD* pode provocar alteração na composição das frações fibrosas das plantas mutantes *BMR* em comparação às plantas normais.

Ferreira (2008) comparou os valores nutritivos de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, e não observou diferença entre híbridos nos três cortes sucessivos realizados. O mesmo foi observado por Ebling e Kung Jr. (2004) que encontraram valores semelhantes ($P>0,05$) para os teores de FDN de silagens de milho normais e mutantes *BMR*. Apesar dos teores de FDN terem sido semelhantes, os autores observaram aumento na digestibilidade *in vitro* da FDN para o híbrido *BMR* que foi de 54%, enquanto que para o híbrido normal a digestibilidade da FDN foi apenas de 39,9%.

Fibra em detergente ácido

Os valores de fibra em detergente ácido (FDA), no primeiro corte, variaram de 37,30% a 46,68%, respectivamente para os híbridos BR001bmr * Tx2785bmr e CMSXS206 * Tx2785. No segundo corte, o teor de FDA variou de 34,78% a 42,79%, respectivamente para os híbridos CMSXS157Abmr * Tx2785bmr e CMSXS205 * Tx2784. Em ambos os cortes não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados.

Tomich (2003) avaliou 12 híbridos de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos e observou valores médios de FDA de 35,1%; 31,4% e 32,5%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Os valores de FDA observados por este autor foram inferiores aos do presente trabalho. Tomich et al. (2006) avaliaram os híbridos normais AG 2501 e BR 800 com trinta dias de rebrote e observaram valores de FDA inferiores aos observados para os mesmos híbridos neste trabalho. Os valores de FDA observados por estes autores foram 35,8% e 35,3%,

respectivamente para os híbridos AG 2501 e BR 800.

Na comparação dos pares de híbridos isogênicos, nos dois cortes avaliados, não foi observada diferença ($P>0,05$) no teor de FDA entre os híbridos normais e mutantes *BMR* que compõem os pares.

A mesma tendência foi observada por Ferreira (2008) que não encontrou diferença significativa nos teores de FDA na comparação de híbridos sorgo normais e mutantes *BMR* em três cortes sucessivos. Os valores observados por este autor foram 37,4%; 35,2% e 34,8% de FDA, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte.

De acordo com Ferreira (2008), devido à presença do gene *bmr*, o esperado é que o teor de lignina seja menor nos híbridos mutantes devido à inibição da atividade das enzimas envolvidas na síntese de lignina, o que alteraria também os teores de FDN e FDA destes híbridos em comparação aos híbridos normais. Entretanto, a mutação *BMR* implica não somente na redução do teor de lignina, mas também na modificação da estrutura da fração fibrosa, o que pode aumentar a digestibilidade da MS.

Com base nos resultados encontrados no presente trabalho, para os genótipos avaliados e as condições de cultivo deste experimento, a mutação *BMR* não interferiu nos teores de FDN e FDA, porém, mesmo apresentando teores semelhantes torna-se necessário a realização de ensaios de consumo, digestibilidade e cinética de degradação ruminal *in vivo* e *in vitro* para se determinar o real efeito da mutação sobre a estrutura das frações fibrosas das plantas de sorgo com capim-sudão.

3.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A mutação *BMR* (*bmr-6*) se expressou de forma desuniforme entre os diferentes cultivares avaliados, tanto para as características agrônômicas quanto para a composição química. Desta forma, indica-se ser necessário, nos programas de melhoramento de plantas forrageiras, testar a introdução dos genes *bmr-6* em um maior número de genótipos.

Os híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados apresentaram alto potencial forrageiro para a alimentação de ruminantes por apresentarem elevada produtividade de matéria seca, elevado teor de proteína bruta e alto coeficiente de digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

O híbrido experimental normal CMSXS156 * Tx2785 se destacou por apresentar alta produtividade de matéria seca digestível, semelhante a dos materiais comerciais, além de apresentar boa sanidade das plantas.

3.5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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

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

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.

EBLING, T. L.; AND 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.2519-2527, 2004.

FERREIRA, D.A. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão portadores de nervura marrom, submetidos à cortes sucessivos*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2008, 80p. (Tese)

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

GONTIJO, M.H.R.; BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, M.M. 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.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, M.M.; PANCOTI, C.G. 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.

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

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, 1990.

- LIMA, C.B.; CARNEIRO, J.C.; NOVAES, L.P.; LOPES, F.C.F.; RODRIGUES, J.A.S. *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).
- MACHADO, F.S. *Avaliação agrônômica e nutricional de três híbridos de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] e de suas silagens em três estádios de maturação*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2009, 106p. (Dissertação).
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; ROCHA, M.G.; DAVID, D.B. 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.
- MONTAGNER, D.B.; ROCHA, M.G.; NÖRNBERG, J.L.; CHIELLE, Z.G.; MONDADORI, R.G.; ESTIVALET, R.C.; CALEGARI, C. Características agrônômicas e bromatológicas de cultivares Avaliados no ensaio sul-rio-grandense de sorgo forrageiro. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.11, n.4, p.447-452, 2005.
- MUIA, J.M.K.; TAMMINGA, S.; MBUGUA, P.N.; KARIUKI, J.N. Optimal stage of maturity for feeding napier grass (*Pennisetum purpureum*) to dairy cows in Kenya. *Tropical Grasslands*, v.33, p.182-190, 1999.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C. National Academy of Science, National Academy Press. 1989, 157p.
- OLIVER, A. L.; PEDERSEN, J. F.; GRANT, R. J.; KLOPFENSTEIN, T. J. 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.
- 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.; SANTOS, F.G.; SHAFFERT, R.E.; FERREIRA, A.S.; CASELA, C.R. *BRS 801- Híbrido de sorgo de pastejo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004, 2p. (Comunicado Técnico, 103).
- SABALLOS, A.; EJETA, G.; SANCHEZ, E.; Kang,C.; VERMERRIS, W. A genomewide analysis of the cinnamyl alcohol dehydrogenase family in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] identifies SbCAD2 as the brown midrib6 gene. *Genetics*, v.181, p.783-795, 2009.
- SCHMID, A.R.; GOODRICH, R.D.; JORDAN, R.M. Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. *Agronomy Journal*, v.68, p.403-406, 1976.
- TINE, M. A.; MCLEOD, K. R.; ERDMAN, R. A.; BALDWIN, R. L. effects of brown midrib corn silage on the energy balance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.84, p.885-895, 2000.
- TOMICH, T.R. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados em regime de corte*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003, 88p. (Tese)
- TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; TOMICH, R.G.P.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.56, n.2, p.258-263, 2004.

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.;
TOMICH, R.G.P.; GONÇALVES, L.C.;
BORGES, I. Valor nutricional de híbridos
de sorgo com capim-sudão em comparação
ao de outros volumosos utilizados no
período de baixa disponibilidade das
pastagens. *Arquivo Brasileiro de Medicina
Veterinária e Zootecnia*, v.58, n.6, p.1249-
1252, 2006.

TOVAR-GÓMEZ, M.R.; EMILE, J.C.;
MICHALET-DOREAU, B., et al. *In situ*
degradation kinetics of maize hibrid stalks.
Animal Feed Science and Technology, v.68,
n.1-2, p.77-88, 1997.

WARD, V.Y., BLASER, R.E.
Carbohydrates feed reserves and leaf. *Crop
Science*, v.1, p.366-370. 1961.

CAPÍTULO IV – EXPERIMENTO II

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE TRÊS HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAIS E MUTANTE - BMR

4.1. RESUMO

As características agronômicas e as composições químicas de 3 híbridos de sorgo com capim-sudão, sendo dois normais (BR 800 e 156A*Tx2785) e um mutante *BMR* (156Abmr*Tx2785bmr), portadores de nervura marrom, foram avaliados e comparados em dois cortes sucessivos, aos 64 dias após o plantio e 60 dias de rebrote. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso e a comparação de médias efetuada pelo teste SNK ($P < 0,05$). Os valores de produção de matéria verde (MV) e produção de matéria seca (MS) variaram, respectivamente, de 15,1 a 32,3 t/ha e 1,67 a 5,43 t/ha. O coeficiente de DIVMS apresentou alta correlação negativa ($P < 0,05$) com o acúmulo das frações fibrosas na planta inteira e no colmo, e com a altura de plantas. Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da planta inteira variaram de 56,23% a 69,83%. Para a planta inteira e as frações folha e colmo, os coeficientes de DIVMS observados para o híbrido mutante *BMR* foram superiores ($P < 0,05$) aos observados para seu par isogênico normal. Para as condições de manejo e híbridos avaliados, foi possível observar aumento do valor nutricional para o genótipo mutante *bmr-6* sem comprometimento da produção por área, quando comparado com o seu híbrido isogênico normal. Os híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados apresentaram alto potencial forrageiro para a alimentação de ruminantes por apresentarem alta produtividade de matéria seca, elevado teor de proteína bruta e alto coeficiente de digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Palavras-chave: nervura marrom, produtividade, ruminante, sorgo de corte e pastejo, valor nutricional.

4.2. INTRODUÇÃO

Atualmente, devido à alta competitividade existente no mercado, o custo de produção, o aumento da produtividade e a qualidade são características básicas para o sucesso de qualquer sistema de produção. Nas propriedades brasileiras de produção de corte e leite, a oferta de alimentos volumosos de boa qualidade é sazonal, tornando a produção instável (Rodrigues et al., 2004). Nesse contexto, os híbridos de sorgo com capim-sudão tem se destacado como importante fonte de volumosos para ruminantes para o período de escassez de alimentos por apresentarem alto rendimento de matéria seca em relação a outras gramíneas e maior resistência à seca, além

da possível utilização na forma de pastejo ou material verde picado (Portugal et al., 2003).

A qualidade das forragens é determinada por fatores químicos e anatômicos, os quais são afetados pelo estágio de crescimento da espécie. Como as plantas em crescimento apresentam tecidos diversos em composição e anatomia, torna-se importante conhecer sua participação na produção total de matéria seca, bem como seus níveis de digestão (Deschamps e Brito, 2001). De fato, a lignina tem sido reconhecida como o principal componente químico a limitar a qualidade e a digestibilidade de forrageiras (Wilson et al., 1991; Hatfield et al., 1999). O principal mecanismo de inibição à

digestibilidade parece ser por meio do impedimento físico do acesso ao centro de reação de constituintes potencialmente digestíveis, como as hemiceluloses e a celulose, o que reduz a digestibilidade da forragem (Jung e Deetz, 1993).

As plantas mutantes *BMR*, portadoras de nervura marrom, mostram a importância da seleção genética para a melhoria da digestibilidade das forragens. Em estudos com plantas mutantes, observou-se que, apesar do seu menor valor agrônomico, o genótipo apresentou menores teores de lignina e celulose e maior digestibilidade, consumo e produtividade por animal (Oliver et al., 2004).

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar e de comparar o potencial forrageiro de três híbridos de sorgo com capim-sudão, sendo um material mutante *BMR* (156Abmr*Tx2785bmr) e os demais híbridos normais (156A*Tx2785 e BR 800), através das determinações da altura de planta, número de plantas, índice de rebrote, relação folha/colmo, produções de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível, e composição química de planta completa, folha e colmo.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1. Considerações gerais

O experimento foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo, localizada no Km 65 da rodovia MG424, no município de Sete Lagoas, na região metalúrgica de Minas Gerais. A Embrapa Milho e Sorgo situa-se nas coordenadas 19° 28' de latitude sul e 44° 15' de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 732 metros. Três híbridos de sorgo com Capim-sudão (*Sorghum bicolor* L. Moench x *Sorghum Sudanenses* Piper Stapf) foram semeados em 20 de dezembro de 2007 e a adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e

as exigências da cultura, sendo utilizados 400 Kg/ha da fórmula 08-28-16 (N:P:K) + zinco no plantio e 100 Kg/ha de uréia em cobertura 25 dias após o plantio e após o primeiro corte. Para cada híbrido foram utilizados 4 canteiros (repetições), constituídos por 4 fileiras com 5 metros de comprimento e 35 centímetros de espaçamento entre fileira.

Foram realizados, manualmente, dois cortes sucessivos em 22 de fevereiro de 2008 e 22 de abril de 2008, respectivamente aos 64 dias após o plantio e aos 60 dias após o primeiro corte. Os cortes foram realizados apenas nas duas linhas centrais (parcela útil), descartando-se as duas linhas externas dos canteiros (bordaduras).

4.3.2. Descrição dos híbridos

Dos três genótipos estudados, dois são híbridos experimentais e pertencem ao programa de melhoramento genético do Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo da Embrapa, e um híbrido é normal e comercial (BR 800).

Os materiais experimentais eram compostos por um par de híbridos isogênicos, originados pelo cruzamento das linhagens CMSX156A e Tx2785. Os materiais que compunham este par isogênico diferenciavam apenas pela presença do gene *bmr-6* em um dos híbridos, conferindo a este o fenótipo com nervura marrom (*BMR: Brown-midrib*). Os materiais utilizados neste experimento foram selecionados à partir dos resultados do Experimento I, bem como das informações de sanidade de cada híbrido.

4.3.3. Procedimento experimental

Na avaliação agrônômica, foram determinados os seguintes parâmetros: estande de plantas, índice de rebrote, altura das plantas, participação de colmo e folhas na matéria seca da planta, e produtividade

de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível.

O estande de plantas foi obtido através da contagem das plantas presentes na área útil de cada parcela. Esse dado foi convertido em mil plantas por hectare pela multiplicação pelo fator de conversão 2,857 = [10/(2 linhas * 5 m * 0,35 m de espaçamento entre linhas)]. O índice de rebrote foi calculado pela seguinte fórmula: índice de rebrote (%) = [(n° de plantas no corte atual * 100 / n° de plantas no corte anterior)/100]. A altura das plantas foi determinada através da medida ao nível do solo à extremidade superior da planta, em 20% das plantas de cada parcela.

As plantas existentes em cada canteiro foram cortadas manualmente rentes ao solo, e todo o material foi pesado, sendo o resultado utilizado para cálculo de produção das matérias verde e seca. Esses dados foram convertidos em toneladas por hectare pela multiplicação do fator de conversão 2,857 = [10/(2 linhas * 5 m * 0,35 m de espaçamento entre linhas)]. Desse material, dez plantas foram fracionadas e suas partes pesadas, para determinação da proporção de colmo e folha. As amostras da planta inteira e de suas frações foram picadas em picadeira estacionária, homogeneizadas, amostradas em sacos de papel e identificadas. Essas amostras foram imediatamente transportadas para o Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, onde foram submetidas à pesagem e pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após esse período, o material retirado da estufa foi deixado à temperatura ambiente por 2 horas para estabilização do peso e então se determinou a porcentagem de matéria pré-seca. As amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 milímetro, e armazenadas em recipientes de polietileno.

4.3.4. Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da EV-UFMG, em Belo Horizonte. Foram determinados os teores de matéria seca em estufa a 105°C (AOAC, 1980), proteína bruta (PB), a partir da determinação do conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) utilizando-se aparelho da marca Büchi para destilação e titulação; frações fibrosas (fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemiceluloses e lignina) pelo método sequencial de Robertson e Van Soest (1981) em aparelho analisador de fibra modelo Ankom 220 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA).

Os resultados obtidos na avaliação do conteúdo de MS foram utilizados para determinação da produção de matéria seca e contribuição das frações folha e colmo na matéria seca. As amostras da planta inteira, folha e colmo foram submetidas à análise de digestibilidade *in vitro* da matéria seca, segundo procedimento descrito por Tilley e Terry (1963), adaptado por Holden (1990), e os resultados foram utilizados para a determinação da produção de matéria seca digestível por hectare.

4.3.5. Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3x2, sendo 3 híbridos e 2 cortes, em quatro canteiros (repetições), utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

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

em que,

Y_{ij} = valor referente à observação do híbrido i , no corte j ;

μ = média geral;

H_i = efeito dos híbridos ($i = 1, 2, 3$);

C_j = efeito do corte ($j = 1, 2$);

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

e_{ijk} = erro aleatório associada à observação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (2007) e as médias comparadas pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura de planta

Na Tabela 1, estão apresentados os valores de altura em metros, número de plantas por hectare e índice de rebrote dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*.

Os valores de altura de planta variaram de 0,74 a 1,50 m, respectivamente para o híbrido BR 800 no primeiro e no segundo corte. No primeiro corte, não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as alturas de plantas dos híbridos avaliados, já no segundo corte, o BR 800 foi superior ($P < 0,05$) ao CMSXS156A * Tx2785, enquanto que o CMSXS156Abmr * Tx2785bmr não diferiu ($P > 0,05$) dos demais. Em todos os híbridos avaliados, as

alturas das plantas no segundo corte foram superiores ($P > 0,05$) às alturas do primeiro corte.

Esta maior altura observada no segundo corte pode ser justificada pelo tempo de crescimento que estas plantas apresentavam que foi realizado aos 60 dias de rebrote. As gramíneas apresentam alturas maiores com o avanço da maturidade da planta, apresentando-se mais alto se forem adotados maiores intervalos de cortes (Fulkerson et al., 1999; Dwivedi et al., 1999).

Tomich et al. (2004) também avaliaram vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão normais em apenas um corte e observaram, para altura de plantas, um valor médio de 1,47 m aos 57 dias após o plantio. O resultado obtido por esses autores foi superior à média observada no primeiro corte do presente trabalho. Oliver et al. (2005) comparam as características agrônômicas de sorgos normais e mutantes *BMR* para silagem em cinco locais de avaliação e observaram valores médios de altura no momento da colheita de 2,15; 2,11 e 1,94 m, respectivamente para o material normal, o mutante *bmr-12* e o mutante *bmr-6*. Segundo os autores as presenças dos

Tabela 1 – Valores médios de altura de plantas em metros, número de plantas por hectare (1000/ha) e índice de rebrote de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, avaliados em dois cortes sucessivos.

Híbrido	Altura das plantas (m)		Número de planta (1000/ha)		Índice de rebrote
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte	
BR 800	0,74 Ab	1,50 Aa	551,4 Aa	472,1 Aa	0,86 A
CMSX156Abmr*Tx2785bmr	0,84 Ab	1,41 ABa	330,0 Ba	271,4 Ba	0,82 A
CMSX 156A*Tx2785	0,86 Ab	1,28 Ba	562,1 Aa	240,7 Bb	0,43 B
Média	0,81 b	1,40 a	481,19	328,09	0,70
CV (%)	10,78		18,45		25,11

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p > 0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha e mesmo parâmetro (comparando cortes), indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p > 0,05$).

genes mutantes *bmr* promoveram redução na altura de plantas de sorgo com comprometimento da produção por área. No presente trabalho, a altura das plantas não foi afetada pela presença do gene mutante *bmr-6*, mostrando que nem sempre promove redução no crescimento da planta, conforme observação do par de híbrido isogênico que apresentou alturas de plantas semelhantes ($P>0,05$) em ambos os cortes.

Número de plantas

Os valores de número de plantas variaram de 240,7 a 562,1 mil plantas por hectare, respectivamente para o híbrido normal CMSX156A * Tx2785 no segundo e no primeiro corte. No primeiro corte, o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi inferior ($P<0,05$) aos demais, que não diferiram entre si ($P>0,05$), já no segundo corte, o BR 800 foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram entre si ($P>0,05$). A menor população de plantas observada no primeiro corte para o híbrido mutante *BMR* pode ser explicado pelo menor vigor das sementes, entretanto, no segundo corte, este híbrido apresentou população semelhante ao seu par isogênico normal, demonstrando boa capacidade de rebrote (0,82).

Na comparação entre cortes, apenas o híbrido experimental normal CMSX156A * Tx2785 apresentou redução ($P<0,05$) na população de planta no segundo corte, demonstrando menor capacidade de rebrote, o que pode ser evidenciado pelo índice de rebrote (0,43), que também foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos.

Tomich (2003) avaliou doze híbridos de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos e observou valores médios de população de plantas de 653,4; 791,2; 721,5 mil plantas por hectare, respectivamente ao primeiro, segundo e terceiro corte. Ferreira (2008) avaliou quinze híbridos de sorgo normais e

mutantes *BMR* em três cortes sucessivos e observou valores médios de população de plantas de 616,7; 435,1; 466,1 mil plantas por hectare, respectivamente ao primeiro, segundo e terceiro corte. Os valores encontrados por estes autores foram superiores aos observados no presente trabalho.

A capacidade de perfilhamento das gramíneas forrageiras é uma das mais importantes características para o aumento da produtividade, porém, tal característica pode ser influenciada pelo sistema de manejo da forragem (Ward e Blaser, 1961). Favoretto (1993) afirma que, de acordo com a severidade de corte, o estágio de crescimento e o genótipo das plantas, a remoção do ápice ou de todo o caule pode promover ou inibir o seu perfilhamento.

Produtividade de matéria verde, matéria seca e matéria seca digestível

Na tabela 2, estão apresentados os valores de produtividade de matéria verde (PMV) em toneladas por ha (t/ha), produtividade de matéria seca (PMS) e produtividade de matéria seca digestível (PMSD) em toneladas por hectare (t/ha) dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*.

Os valores de PMV variaram de 15,1 a 32,3 t/ha, respectivamente para o híbrido BR 800 no primeiro e no segundo corte. No primeiro corte, a PMV do híbrido normal CMSX156A * Tx2785 foi superior ($P<0,05$) aos demais, que não diferiram entre si ($P>0,05$), já no segundo corte, este mesmo híbrido foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram entre si ($P>0,05$). Os híbridos BR 800 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr apresentaram aumento ($P<0,05$) na PMV no segundo corte, comportamento inverso ao apresentado pelo híbrido CMSX156A * Tx2785, demonstrando assim a maior capacidade de rebrote destes dois híbridos.

Tabela 2 – Valores de produtividade de matéria verde (PMV) em toneladas por hectare (t/ha), produtividade de matéria seca (PMS) em toneladas por hectare (t/ha) e produtividade de matéria seca digestível (PMSD) em toneladas por hectare (t/ha) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, avaliados em dois cortes sucessivos.

Híbrido	PMV (t/ha)		PMS (t/ha)		PMSD (t/ha)	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
BR 800	15,1 Bb	32,3 Aa	1,80 Ab	5,43 Aa	1,26 Ab	3,06 Aa
CMSX156Abmr*Tx2785bmr	16,1 Bb	30,7 Aa	1,67 Ab	4,26 Ba	1,16 Ab	2,80 Aa
CMSX 156A*Tx2785	30,4 Aa	19,3 Bb	2,87 Aa	2,57 Ca	1,90 Aa	1,60 Ba
Média	20,6	27,4	2,1	4,1	1,4	2,5
CV (%)	26,16		25,22		24,63	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha e mesmo parâmetro (comparando cortes), indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$).

Os valores de PMS variaram de 1,67 a 5,43 t/ha, respectivamente para o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr no primeiro corte e para o híbrido normal BR 800 no segundo corte. No primeiro corte, não foi observada diferença ($P>0,05$) na PMS dos híbridos avaliados, já no segundo corte, o BR 800 foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos e o híbrido mutante BMR CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi superior ($P<0,05$) ao seu par isogênico. Apenas o híbrido experimental normal CMSX156A * Tx2785 não apresentou aumento ($P>0,05$) da PMS no segundo corte.

No presente trabalho não foi observado correlação ($P>0,05$) entre o número de plantas e PMS.

Os valores de PMSD variaram de 1,16 a 3,06 t/ha, respectivamente para o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr no primeiro corte e para o híbrido normal BR 800 no segundo corte. No primeiro corte, não foi observada diferença ($P>0,05$) na PMSD dos híbridos avaliados, já no segundo corte, o CMSX156A * Tx2785 foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados que não diferiram entre si ($P>0,05$). Apenas o híbrido experimental

normal CMSX156A * Tx2785 não apresentou aumento ($P>0,05$) da PMSD no segundo corte. Esta redução da PMSD se deve à menor PMS apresentada por este híbrido no segundo corte.

As menores PMV, PMS e PMSD para o híbrido CMSX156A * Tx2785 no segundo corte podem ser explicadas pelo menor índice de rebrote apresentado por este material. Os demais híbridos apresentaram aumento de produção no segundo corte que também podem ser explicados pelo índice de rebrote (aumento da população no segundo corte). No presente experimento, foi observada alta correlação ($P<0,05$) entre a altura de planta e a produtividade de matéria seca ($r = 0,80$).

Lima et al. (2005) avaliaram dezesseis sorgos de corte e pastejo normais em três cortes sucessivos e manejados sob irrigação de aspersão. O primeiro corte foi realizado 42 dias após o plantio e os demais com 36 dias após o primeiro corte e 39 dias após o segundo corte. As PMV e PMS totais, obtidas a partir do somatório das produções dos três cortes, foi respectivamente de 34 e 5 t/ha. Os valores de produtividade total observados por estes autores, em três cortes,

foram inferiores aos encontrados no presente trabalho em apenas dois cortes, possivelmente devido ao aumento do intervalo entre cortes realizado (64 e 60 dias). Tomich et al. (2004) avaliaram vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão normais em apenas um corte e observaram valores médios de PMV e PMS de 29,4 e 4,5 t/ha, respectivamente, superiores aos obtidos no primeiro corte do presente trabalho.

Diversos trabalhos com híbridos mutantes *BMR* têm demonstrado interferência da mutação nas características agronômicas das plantas com conseqüente redução na produção por área. Oliver et al. (2005) observaram produtividades de sorgo para silagem variando de 10,1 toneladas de MS/ha para um mutante *bmr-6* a 15,9 toneladas de MS/ha para uma planta normal. Casler et al. (2003) avaliaram e compararam a produção de cultivares de capim-sudão normais e mutantes *BMR* e observaram redução na produtividade de aproximadamente 15% no primeiro corte e de 30% no segundo corte (rebrote). Na avaliação de milho para silagem, Lewis et al. (2004) observaram que a redução na PMS do milho mutante *BMR* foi 13% em comparação com dois híbridos normais.

Apesar dos relatos da literatura, para os genótipos avaliados e para o manejo realizado no presente trabalho não foi observado efeito deletério da mutação *BMR* provocada pelo gene *bmr-6* sobre a produtividade de MV, MS e MSD. De acordo com Oliver et al. (2005), apesar de os genes *bmr* estarem associados a características agronômicas negativas, os efeitos observados não são expressos de forma uniforme em diferentes cultivares.

Relação folha/colmo

Na Tabela 3, estão apresentadas as porcentagens de folha e colmo em porcentagem da matéria seca e relação

folha/colmo dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

A proporção de folha na MS variou de 49,64% a 67,60%, respectivamente para o híbrido CMSX156A * Tx2785 no segundo corte e BR 800 no primeiro corte. A proporção de colmo na MS variou de 32,40% a 50,36%, respectivamente para o híbrido BR 800 no primeiro corte e CMSX156A * Tx2785 no segundo corte. No primeiro corte, o híbrido BR 800 apresentou relação folha/colmo superior ($P < 0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram entre si ($P > 0,05$), já no segundo corte, não houve diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Em todos os híbridos avaliados a relação folha/colmo foi superior ($P < 0,05$) no primeiro corte devido à maior proporção de folha na MS neste corte e conseqüentemente da maior proporção de colmo na MS no segundo corte.

De acordo com Vieira et al. (1980), a relação folha/colmo é bastante modificada com o avanço da idade. O aumento do intervalo entre o primeiro e o segundo corte, e a maior altura observada no segundo corte podem justificar a menor ($P < 0,05$) relação folha/colmo observada para todos os híbridos no segundo corte do presente experimento. No presente trabalho, a altura de planta apresentou correlação negativa com a proporção de folha na MS ($r = -0,88$).

Gontijo et al. (2008) avaliaram as características agronômicas de seis híbridos de sorgo de corte e pastejo normais e também observaram a mesma tendência de redução na relação folha/colmo nos cortes sucessivos. Os valores de relação folha/colmo observadas por estes autores foram 1,18; 0,66 e 0,53; respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte.

A relação entre folha e colmo é um parâmetro importante na avaliação da qualidade das forrageiras, sendo que o

Tabela 3 – Valores médios de porcentagens de folha e colmo na matéria seca, e relação folha/colmo dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, em dois cortes sucessivos.

Híbrido	Folha	Colmo	Relação folha/colmo
<i>1º Corte</i>			
BR 800	67,60 Aa	32,40 Bb	2,09 Aa
CMSX 156Abmr*Tx2785bmr	61,61 Ba	38,39 Ab	1,62 Ba
CMSX 156A*Tx2785	59,50 Ba	40,50 Ab	1,48 Ba
Média	62,9 a	37,1 b	1,7 a
<i>2º Corte</i>			
BR 800	51,04 Ab	48,96 Aa	1,04 Ab
CMSX 156Abmr*Tx2785bmr	50,54 Ab	49,46 Aa	1,02 Ab
CMSX 156A*Tx2785	49,64 Ab	50,36 Aa	0,99 Ab
Média	50,4 b	49,6 a	1,0 b
CV (%)	4,63	6,05	10,69

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna e no mesmo corte, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$). Letras minúsculas iguais, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido nos diferentes cortes e indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$).

consumo voluntário de forragem está diretamente relacionado com a porcentagem de folhas de uma pastagem (Rodrigues, 1986), visto que as folhas possuem valor nutritivo superior ao colmo (Herrera, 1979). Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) na comparação dos híbridos isogênicos, em todos os parâmetros, sugerindo que a mutação *BMR* não interferiu nas proporções de folha e colmo da planta para os híbridos isogênicos e para as condições de manejo deste experimento.

Matéria seca

Na tabela 4, estão apresentados os teores de matéria seca (MS), em porcentagem, das plantas inteiras, das folhas e dos colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

Matéria seca da planta inteira

Para o teor de MS da planta inteira, no primeiro corte, o híbrido BR 800 (11,93%) foi superior ($P<0,05$) ao híbrido normal CMSX156A * Tx2785 (9,58%), sendo que o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr (10,40%) não diferiu ($P>0,05$) dos demais híbridos já mencionados. No segundo corte, o teor de MS do híbrido BR 800 (17,04%) foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram entre si ($P>0,05$). Para todos os genótipos avaliados, os teores de MS da planta inteira foram superiores ($P<0,05$) no segundo corte.

Matéria seca da folha

Os teores de MS da folha, no primeiro corte, variaram de 17,19% a 18,07%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e BR 800, sendo que não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de MS da folha do híbrido

Tabela 4 – Teores de matéria seca (MS), em porcentagem, das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

	Híbridos			Média	CV (%)
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX156A * Tx2785		
<i>Planta inteira</i>					
1º Corte	11,93 Ab	10,40 ABb	9,58 Bb	10,64 b	8,83
2º Corte	17,04 Aa	13,83 Ba	13,54 Ba	14,80 a	
<i>Folha</i>					
1º Corte	18,07 Ab	17,51 Ab	17,19 Ab	17,59 b	6,18
2º Corte	25,15 Aa	20,96 Ba	23,38 Aa	23,16 a	
<i>Colmo</i>					
1º Corte	7,78 Ab	6,94 Aa	6,66 Ab	7,13	10,37
2º Corte	11,90 Aa	8,21 Ba	10,78 Aa	10,30	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$). Letras minúsculas iguais, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido na mesma fração da planta nos diferentes cortes e indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$).

mutante156Abmr * Tx2785bmr (20,96%) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram entre si ($P>0,05$). Para todos os genótipos avaliados, os teores de MS da folha foram superiores ($P<0,05$) no segundo corte.

Matéria seca do colmo

Os teores de MS do colmo, no primeiro corte, variaram de 6,66% a 7,78%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e BR 800, sendo que não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de MS do colmo do híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr (8,21%) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram entre si ($P<0,05$). Apenas para o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr, os teores de MS do colmo foram semelhantes ($P>0,05$) entre os cortes. Para os demais híbridos, os teores de MS do colmo do segundo corte foram superiores

($P<0,05$) aos teores de MS do primeiro corte.

Alkimim Filho (1998) encontrou valores de matéria seca da planta inteira variando entre 11,6% e 13,7% para seis híbridos normais cortados aos 40 dias após o plantio, valores estes semelhantes aos encontrados neste experimento. Mello et al. (2003) avaliaram o híbrido normal AG 2501 em duas idades de corte, 50 e 85 dias após o plantio, e observaram teores de MS da folha e do colmo semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Os teores médios observados por estes autores foram de 21,07% e 10,76%, respectivamente para as frações folha e colmo.

De acordo com Lima et al. (2005) a determinação dos teores de matéria seca (MS) dos híbridos de sorgo para corte e/ou pastejo é essencial sob o ponto de vista nutricional, porque o conteúdo de MS está relacionado à concentração dos nutrientes e ao consumo voluntário da forragem. Sorgos

de corte e pastejo apresentam colmos suculentos, com grande proporção de umidade, o que reduz a matéria seca da planta inteira (Rodrigues, 2000). No presente trabalho, o valor médio da MS do colmo foi de 8,71%, enquanto que para a folha o teor médio foi de 20,37%. De acordo com NRC (1989), ocorre uma diminuição na ingestão de matéria seca total em 0,02% do peso corporal para cada aumento de 1% na umidade da dieta, a partir de 50%. Na média dos híbridos avaliados neste trabalho, no primeiro corte o teor de MS observado para a planta inteira foi de 10,64%, enquanto que no segundo corte o teor de MS foi de 14,80%. Como todos os híbridos avaliados apresentaram baixo teor de MS (aproximadamente de 10% a 17%), o consumo deste alimento poderá ser deprimido devido ao enchimento ruminal.

Proteína bruta

Na tabela 5, estão apresentados os teores de

proteína bruta (PB), em porcentagem da MS, das plantas inteiras, das folhas e dos colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

Proteína bruta da planta inteira

Para o teor de PB da planta inteira, no primeiro corte, o híbrido BR 800 (16,39%) foi superior ($P < 0,05$) ao par de híbridos isogênicos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. No segundo corte, os teores de PB da planta inteira variaram de 10,96% a 12,10%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que para este parâmetro e neste corte não foi observado diferenças ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Para todos os genótipos avaliados, os teores de PB da planta inteira foram superiores ($P < 0,05$) no primeiro corte.

Proteína bruta da folha

Tabela 5 – Teores de proteína bruta (PB), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

	Híbridos			Média	CV (%)
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX156A * Tx2785		
<i>Planta inteira</i>					
1º Corte	16,39 Aa	14,49 Ba	13,46 Ba	14,78 a	7,39
2º Corte	11,31 Ab	12,10 Ab	10,96 Ab	11,46 b	
<i>Folha</i>					
1º Corte	19,69 Aa	19,42 Aa	18,33 Aa	19,14 a	8,32
2º Corte	18,86 Aa	18,06 Aa	16,14 Aa	17,69 a	
<i>Colmo</i>					
1º Corte	15,64 Aa	15,45 Aa	11,95 Ba	14,35 a	7,77
2º Corte	11,21 Ab	10,89 Ab	7,78 Bb	9,96 b	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P > 0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido na mesma fração da planta nos diferentes cortes, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P > 0,05$).

Os teores de PB da folha, no primeiro corte, variaram de 18,33% a 19,69%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e BR 800, sendo que não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, os teores de PB da folha variaram de 16,14% a 18,86%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e BR 800, sendo que não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para todos os genótipos avaliados, os teores de PB da folha não diferiram ($P>0,05$) entre os cortes.

Proteína bruta do colmo

Para o teor de PB do colmo, tanto no primeiro quanto no segundo corte, o híbrido normal CMSX156A * Tx2785 foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si em ambos os cortes. Os teores de PB do colmo variaram de 11,95% a 15,64% e 7,78% a 11,21%, respectivamente para o primeiro e segundo corte. Para todos os genótipos avaliados, os teores de PB do colmo foram superiores ($P<0,05$) no primeiro corte.

O maior teor de PB na planta inteira observado para o híbrido BR 800 no primeiro corte pode ser justificado pela maior relação folha/colmo apresentado por este em relação aos demais híbridos. Como as folhas apresentam maior teor de PB, a maior proporção desta fração na composição da planta foi capaz de aumentar o teor de proteína total.

Tomich et al. (2006) avaliaram dois híbridos de sorgo com capim-sudão aos 57 dias após o plantio e observaram, para o híbrido BR 800, teor de PB de 14,4%, valor semelhante ao observado para este mesmo híbrido no presente trabalho. Já Ferreira (2008), avaliando híbridos normais e mutantes *BMR*, observou teores de PB na folha de 20,6%; 19,3% e 18,0%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Os teores médios de PB no

colmo foram de 11,7%; 9,8% e 11,6%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Os valores observados por este autor para as frações avaliadas foram semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Para os híbridos de sorgo com capim-sudão, o estágio de desenvolvimento da planta é, segundo Edwards Jr. et al., (1971) um fator capaz de modificar o conteúdo protéico, ocorrendo um decréscimo com a maturidade. Em todos os cortes realizados no presente experimento, 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.

Fibra em detergente neutro

Na tabela 6, estão apresentados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), em porcentagem da MS, das plantas inteiras, das folhas e dos colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

Fibra em detergente neutro da planta inteira

Os teores de FDN da planta inteira, no primeiro corte, variaram de 60,88% a 63,69%, respectivamente para os híbridos CMSX156Abmr * Tx2785bmr e BR 800, sendo que não foi observado diferença entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de FDN da planta inteira do híbrido BR 800 (70,61%) foi superior ($P<0,05$) aos teores do par de híbridos isogênicos, que não diferiram entre si ($P>0,05$). Para todos os genótipos avaliados, os teores de FDN da planta inteira foram superiores no segundo corte ($P<0,05$).

Fibra em detergente neutro da folha

Tabela 6 – Teores de fibra em detergente neutro (FDN), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

	Híbridos			Média	CV (%)
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX156A * Tx2785		
<i>Planta inteira</i>					
1º Corte	63,69 Ab	60,88 Ab	63,40 Ab	62,66 b	2,42
2º Corte	70,61 Aa	65,48 Ba	67,65 Ba	67,91 a	
<i>Folha</i>					
1º Corte	66,04 Ab	61,87 Ba	65,86 Ab	64,59	2,6
2º Corte	69,63 Aa	63,12 Ba	68,75 Aa	67,17	
<i>Colmo</i>					
1º Corte	60,46 Ab	58,40 Ab	60,94 Ab	59,93 b	2,67
2º Corte	67,03 Aa	61,96 Ba	67,29 Aa	65,42 a	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido na mesma fração da planta nos diferentes cortes, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$).

Para o teor de FDN da folha, tanto no primeiro quanto no segundo corte, o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Os teores de FDN da folha variaram de 61,87% a 66,04% e 63,12% a 69,63%, respectivamente para o primeiro e segundo corte. Apenas para o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr, os teores de FDN da folha foram semelhantes ($P>0,05$) entre os cortes. Para os demais híbridos, os teores de FDN da folha do segundo corte foram superiores ($P<0,05$) aos teores de FDN do primeiro corte.

Fibra em detergente neutro do colmo

Os teores de FDN do colmo, no primeiro corte, variaram de 58,40% a 60,94%, respectivamente para os híbridos CMSX156Abmr * Tx2785bmr e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os

híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de FDN do colmo do híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr (6,961%) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Para todos os genótipos avaliados, os teores de FDN do colmo foram superiores ($P<0,05$) no segundo corte

A determinação das frações fibrosas das plantas forrageiras se faz necessária devido a relação destes componentes com a regulação do consumo, digestibilidade, taxa de passagem e atividade de mastigação na alimentação de ruminantes. Se as dietas são ricas em fibra, a densidade de energia da dieta é baixa, o consumo é limitado pelo enchimento ruminal e, o desempenho animal (produção de leite e balanço nos tecidos) decai. Em contrapartida, se as dietas apresentarem um baixo conteúdo de fibra, a fermentação ruminal é reduzida, pode haver a ocorrência de distúrbios alimentares como a acidose, o que levará a

um comprometimento do desempenho e da saúde do animal (Mertens, 1997).

Segundo Van Soest (1994), os percentuais de FDN de uma forragem aumentam durante o seu desenvolvimento e são maiores nas hastes do que nas folhas. O maior teor de FDN na planta inteira e no colmo, observados no segundo corte para todos os híbridos avaliados, podem ser justificados pelas maiores alturas das plantas neste mesmo corte. No presente trabalho, a altura de planta apresentou correlação positiva ($P < 0,05$) com o teor de FDN da planta inteira ($r = 0,77$) e para o colmo ($r = 0,66$). Não foi observado correlação entre o teor de FDN da folha com a altura de planta.

Tomich (2003) avaliou doze híbridos de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos e observou valores médios dos teores de FDN de 63,5%; 56,9% e 58,2%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Os valores obtidos por este autor são inferiores aos encontrados no presente experimento, que podem ser explicados pelos menores intervalos entre os cortes realizados por este autor que foram de 44 dias após o plantio, e 30 e 31 dias de rebrote. Ferreira (2008) comparou o valor nutricional de híbridos de sorgo de corte e pastejo normais e mutantes *BMR* em três cortes sucessivos e não observaram diferença significativa entre os híbridos, sugerindo não haver influência da mutação *BMR* sobre este parâmetro para os genótipos avaliados. Oliver et al. (2004) comparou a composição química de híbridos de sorgo para silagem normal e mutantes (*bmr-6* e *bmr-18*), e encontraram um teor de FDN para o mutante *bmr-18* (48,2%) 10 unidades menores do que o teor de FDN do híbrido normal (58,1%). Normalmente, os híbridos utilizados para silagem são cortados quando estão com aproximadamente 115 dias após o plantio, enquanto que para o sorgo de corte e pastejo, o corte é realizado em um estágio

mais precoce com aproximadamente 50 dias após o plantio. Sendo assim, o efeito da mutação *BMR* para os híbridos de corte e pastejo tendem a ser menos significativos do que para os híbridos forrageiros para produção de silagem.

Fibra em detergente ácido

Na tabela 7, estão apresentados os teores de fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da MS, das plantas inteiras, das folhas e dos colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

Fibra em detergente ácido da planta inteira

Os teores de FDA da planta inteira, no primeiro corte, variaram de 30,75% a 34,34%, respectivamente para os híbridos CMSX156Abmr * Tx2785bmr e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de FDA da planta inteira do híbrido BR 800 (42,11%) foi superior ($P < 0,05$) aos teores do par de híbridos isogênicos, e o teor de FDA do híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr (36,37%) foi menor ($P < 0,05$) que o do seu par isogênico normal CMSX156A * Tx2785 (38,48%). Para todos os genótipos avaliados, os teores de FDA da planta inteira foram superiores ($P < 0,05$) no segundo corte.

Fibra em detergente ácido da folha

Os teores de FDA da folha, no primeiro corte, variaram de 29,91% a 31,55%, respectivamente para os híbridos CMSX156Abmr * Tx2785bmr e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de FDA da folha do híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr (28,56%) foi inferior ($P < 0,05$) aos teores dos demais híbridos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre

Tabela 7 – Teores de fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

	Híbridos			Média	CV (%)
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX156A * Tx2785		
<i>Planta inteira</i>					
1º Corte	31,22 Bb	30,75 Bb	34,34 Ab	32,10 b	3,38
2º Corte	42,11 Aa	36,37 Ca	38,48 Ba	38,99 a	
<i>Folha</i>					
1º Corte	30,89 Aa	29,91 Aa	31,55 Aa	30,78 a	4,28
2º Corte	30,91 Aa	28,56 Ba	31,80 Aa	30,42 a	
<i>Colmo</i>					
1º Corte	30,48 Bb	31,29 ABb	33,04 Ab	31,60 b	3,71
2º Corte	38,48 ABa	37,44 Ba	40,20 Aa	38,70 a	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido na mesma fração da planta nos diferentes cortes, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$).

si. Para todos os genótipos avaliados, os teores de FDA da folha foram semelhantes ($P>0,05$) entre os cortes.

Fibra em detergente ácido do colmo

Para o teor de FDA do colmo, no primeiro corte, o híbrido CMSX156A * Tx2785 (33,04%) foi superior ($P<0,05$) ao híbrido BR 800 (30,48%), sendo que o híbrido mutante BMR CMSX156Abmr * Tx2785bmr (31,29%) não diferiu ($P>0,05$) dos demais híbridos já mencionados. No segundo corte, o teor de FDA do colmo do híbrido CMSX156A * Tx2785 (40,20%) foi superior ($P<0,05$) ao híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (37,44%), sendo que o híbrido BR 800 (38,48%) não diferiu ($P>0,05$) dos demais híbridos já mencionados. Para todos os genótipos avaliados, os teores de FDA do colmo foram superiores ($P<0,05$) no segundo corte.

Assim como para os teores de FDN, os teores de FDA da planta inteira e do colmo foram superiores no segundo corte devido a alta correlação ($P<0,05$) destes parâmetros com a altura de planta ($r = 0,87$).

Lima et al. (2005) avaliando híbridos de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos e manejados sob irrigação observaram teores médios de FDA para planta inteira variando de 24,5% a 31,9%, respectivamente para o primeiro e segundo corte. Os valores observados por estes autores foram inferiores aos encontrados no presente experimento. Tomich et al. (2006) avaliaram o híbrido BR 800 em apenas um corte aos 57 dias após o plantio e encontraram teores de FDA de 35,3%, que foram semelhantes ao valor médio entre cortes deste mesmo híbrido no presente trabalho (36,66%).

Hemiceluloses

Na tabela 8, estão apresentados os teores de hemiceluloses (HCEL), em porcentagem da MS, das plantas inteiras, das folhas e dos colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

Hemiceluloses da planta inteira

Para o teor de HCEL da planta inteira, no primeiro corte, o híbrido BR 800 (32,48%) foi superior ($P < 0,05$) ao par de híbridos isogênicos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. No segundo corte, os teores de HCEL da planta inteira variaram de 28,50 a 29,17%, respectivamente para os híbridos BR 800 e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Apenas para o híbrido normal BR 800, o teor de HCEL da planta inteira foi superior ($P < 0,05$) no primeiro corte. Para os demais híbridos, os teores de HCEL da planta inteira não variaram ($P > 0,05$) entre os cortes.

Hemiceluloses da folha

Para o teor de HCEL da folha, no primeiro corte, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (31,96%) foi inferior ($P < 0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. No segundo corte, o teor de HCEL da folha do híbrido BR 800 (38,72%) foi superior ($P < 0,05$) aos teores dos demais híbridos avaliados, sendo que o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi inferior ($P < 0,05$) ao seu par isogênico normal. Para todos os genótipos avaliados, os teores de HCEL da folha foram superiores ($P < 0,05$) no segundo corte.

Hemiceluloses do colmo

Para o teor de HCEL do colmo, no primeiro corte, o híbrido BR 800 (29,98%) foi superior ($P < 0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. No segundo corte, o teor de HCEL do colmo do híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (24,52%) foi inferior ($P < 0,05$)

Tabela 8 – Teores de hemiceluloses (HCEL), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

	Híbridos			Média	CV (%)	
	BR 800	CMSX 156Abmr * Tx2785bmr	CMSX 156A * Tx2785			
<i>Planta inteira</i>						
1º Corte	32,48 Aa	30,13 Ba	29,07 Ba	30,56	4,92	
2º Corte	28,50 Ab	29,12 Aa	29,17 Aa	28,93		
<i>Folha</i>						
1º Corte	35,16 Ab	31,96 Bb	34,32 Ab	33,81 b	3,28	
2º Corte	38,72 Aa	34,55 Ca	36,95 Ba	36,74 a		
<i>Colmo</i>						
1º Corte	29,98 Aa	27,11 Ba	27,90 Ba	28,33	4,49	
2º Corte	28,55 Aa	24,52 Bb	27,09 Aa	26,72		

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P > 0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido na mesma fração da planta nos diferentes cortes, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P > 0,05$).

aos teores dos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Apenas para o híbrido mutante BMR CMSX156Abmr * Tx2785bmr, o teor de HCEL do colmo do primeiro corte foi maior ($P<0,05$) que o segundo corte. Para os demais híbridos, os teores de HCEL do colmo não diferiram ($P>0,05$) entre os cortes.

Ferreira (2008) comparando o valor nutricional de híbridos de sorgo de corte e pastejo normais e mutantes *BMR* em cortes sucessivos, observou teores de HCEL de 29,6% a 33,7% respectivamente para os valores médios de quinze híbridos no primeiro e terceiro corte. Mello (2003) avaliando o híbrido normal AG 2501 encontrou teores médios de HCEL de 33,20% e 27,44%, respectivamente para as frações folha e colmo. Os valores encontrados por ambos os autores tanto para planta inteira quanto para as frações folha e colmo foram semelhantes aos obtidos no presente experimento.

Celulose

Na tabela 9, estão apresentados os teores de celulose (CEL), em porcentagem da MS, das plantas inteiras, das folhas e dos colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

Celulose da planta inteira

Para o teor de CEL da planta inteira, no primeiro corte, o híbrido CMSX156A * Tx2785 (29,64%) foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. No segundo corte, o teor de CEL da planta inteira do híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr (31,39%) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Para todos os híbridos avaliados, os teores de CEL do segundo corte foram superiores ($P<0,05$) aos teores de CEL do primeiro corte.

Tabela 9 – Teores de celulose (CEL), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

	Híbridos			Média	CV (%)
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX 156A * Tx2785		
<i>Planta inteira</i>					
1º Corte	27,22 Bb	27,36 Bb	29,64 Ab	28,07 b	4,16
2º Corte	35,26 Aa	31,39 Ba	33,75 Aa	33,47 a	
<i>Folha</i>					
1º Corte	27,06 Aa	26,97 Aa	27,58 Aa	27,20	4,51
2º Corte	26,95 Aa	24,31 Bb	27,12 Aa	26,13	
<i>Colmo</i>					
1º Corte	27,93 Bb	28,69 ABb	30,45 Ab	29,02 b	3,93
2º Corte	34,69 Aa	34,16 Aa	36,28 Aa	35,04 a	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido na mesma fração da planta nos diferentes cortes, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$).

Celulose da folha

Os teores de CEL da folha, no primeiro corte, variaram de 26,97% a 27,58%, respectivamente para os híbridos CMSX156Abmr * Tx2785bmr e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, o teor de CEL da folha do híbrido mutante BMR CMSX156Abmr * Tx2785bmr (24,31%) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Apenas para o híbrido mutante BMR CMSX156Abmr * Tx2785bmr, o teor de CEL da folha no primeiro corte foi maior que o segundo corte. Para os demais híbridos, os teores de CEL da folha não diferiram entre os cortes.

Celulose do colmo

Para o teor de CEL do colmo, no primeiro corte, o híbrido CMSX156A * Tx2785 (30,45%) foi superior ($P<0,05$) ao híbrido BR 800 (27,93%), sendo que o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (28,69%) não diferiu ($P>0,05$) dos demais híbridos. No segundo corte, os teores de CEL do colmo variaram de 34,16% a 36,28%, respectivamente para os híbridos CMSX156Abmr * Tx2785bmr e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para todos os híbridos avaliados, os teores de CEL do colmo não variaram ($P>0,05$) entre os cortes.

Assim como para os teores de FDN e FDA, os teores de CEL da planta inteira e do colmo foram superiores no segundo corte devido à alta correlação ($P<0,05$) desses parâmetros com o avanço da maturidade da planta que pode ser associado com a altura de planta. Para o teor o teor de CEL da planta inteira o valor de correlação com a altura de plantas foi de $r = 0,85$, enquanto que para o colmo foi de $r = 0,86$. Na avaliação dos teores de CEL da folha

também não foi observado correlação ($P>0,05$) com a altura de planta.

Lima et al. (2005) avaliando híbridos de sorgo com capim-sudão normais em três cortes sucessivos e manejados sob irrigação observaram teores médios de CEL para planta inteira variando de 20,1% a 24,3%, respectivamente para o primeiro e segundo corte. Os valores observados por estes autores foram muito inferiores aos encontrados no presente experimento devido ao maior intervalo entre cortes realizados. Mello et al. (2003) avaliou o híbrido normal AG 2501 em duas idades de corte, 50 e 85 dias após o plantio, e observaram teores de CEL da folha superiores aos encontrados no presente trabalho e semelhantes para teores de CEL do colmo. Os teores médios observados por estes autores foram de 32,84% e 34,19%, respectivamente para as frações folha e colmo.

Lignina

Na tabela 10, estão apresentados os teores de ligninas (LIG), em porcentagem da MS, das plantas inteiras, das folhas e dos colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante BMR, manejados em dois cortes sucessivos.

Lignina da planta inteira

Para o teor de LIG da planta inteira, no primeiro corte, o híbrido CMSX156A * Tx2785 (4,70%) foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. No segundo corte, o teor de LIG da planta inteira do híbrido BR 800 (6,85%) foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Apenas para o híbrido CMSX156A * Tx2785, o teor de LIG da planta inteira não apresentou alteração ($P>0,05$) entre os cortes avaliados. Para os demais híbridos, os teores de LIG

Tabela 10 – Teores de ligninas (LIG), em porcentagem da matéria seca (MS), das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

	Híbridos			Média	CV (%)
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX156A * Tx2785		
<i>Planta inteira</i>					
1º Corte	4,00 Bb	3,39 Bb	4,70 Aa	4,03 b	9,07
2º Corte	6,85 Aa	4,97 Ba	4,74 Ba	5,52 a	
<i>Folha</i>					
1º Corte	3,83 Aa	2,94 Bb	3,97 Ab	3,58 b	11,8
2º Corte	3,96 Aa	4,25 Aa	4,68 Aa	4,30 a	
<i>Colmo</i>					
1º Corte	2,55 Ab	2,60 Ab	2,59 Ab	2,58 b	13,14
2º Corte	3,79 Aa	3,28 Aa	3,91 Aa	3,66 a	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido na mesma fração da planta nos diferentes cortes, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$).

da planta inteira foram ($P<0,05$) superiores no segundo corte.

Lignina da folha

Para o teor de LIG da folha, no primeiro corte, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (2,94%) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. No segundo corte, os teores de LIG da folha variaram de 3,96% a 4,68%, respectivamente para os híbridos BR 800 e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Apenas para o híbrido BBR 800, o teor de LIG da folha não apresentou alteração ($P>0,05$) entre os cortes avaliados. Para os demais híbridos, os teores de LIG da folha foram superiores ($P<0,05$) no segundo corte.

Lignina do colmo

Os teores de LIG do colmo, no primeiro corte, variaram de 2,55% a 2,60%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. No segundo corte, os teores de LIG do colmo variaram de 3,28% a 3,91%, respectivamente para os híbridos CMSX156Abmr * Tx2785bmr e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para todos os híbridos avaliados, os teores de LIG do colmo foram superiores ($P>0,05$) no segundo corte.

O processo de lignificação dos carboidratos estruturais está associado à limitação da degradação da matéria seca pelos microrganismos do rúmen, reduzindo assim o valor nutricional da forragem (Cherney et al., 1991). O teor de LIG apresentou correlação ($P<0,05$) com a altura de planta ($r = 0,74$) e acúmulo de matéria seca na planta inteira ($r = 0,75$).

Tomich et al. (2006) avaliaram o valor nutricional de dois híbridos de sorgo de corte e pastejo normais em apenas um corte, realizado aos 57 dias após o plantio, e observaram valores médios de teor de LIG de 4,1%, resultado este semelhante aos valores médios encontrados no primeiro corte deste experimento. Mello et al. (2003) avaliaram o híbrido normal AG 2501 em duas idades de corte, 50 e 85 dias após o plantio, e observaram teores de LIG da folha e do colmo superiores aos encontrados no presente trabalho. Os teores médios observados por estes autores foram de 5,26% e 6,17%, respectivamente para as frações folha e colmo.

Na comparação do par de híbridos isogênicos, foi observado menor teor de LIG para o híbrido mutante *BMR* apenas no primeiro corte para planta inteira e folha. Ferreira (2008) avaliou híbridos de sorgo de corte e pastejo normais e mutantes *BMR*, manejados em três cortes sucessivos, e observou valores médios de LIG de 3,6%; 3,2% e 3,8%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Este autor não observou efeito significativo da mutação *BMR* sobre o teor de LIG, sendo que os valores observados para este parâmetro foram inferiores ao encontrados no presente trabalho.

De acordo com Barrière e Argillier (1993), o gene *bm3* reduz o conteúdo de lignina das plantas de milho em aproximadamente 40% devido à depressão da atividade da enzima O-metiltransferase (OMT). Para Halpin et al. (1998), o teor de lignina das plantas mutantes *bm1* são 20% inferiores, quando comparados com os híbridos normais, porém, a produção dos monômeros G e S também foi alterada. Oliver et al. (2005) avaliaram os teores de lignina de híbridos de sorgo normais e mutantes (*bmr-6* e *bmr-12*) que foram afetados significativamente pelos genes *bmr* sem interação com as cultivares testadas. As plantas *bmr-12* apresentaram menor concentração de

lignina do que os normais e *bmr-6*, que não diferiram entre si.

Digestibilidade in vitro da matéria seca

Na tabela 11, estão apresentados as digestibilidades *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em porcentagem, das plantas inteiras, das folhas e dos colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, manejados em dois cortes sucessivos.

Digestibilidade in vitro da matéria seca da planta inteira

Para o valor de DIVMS da planta inteira, no primeiro corte, o híbrido CMSX156A * Tx2785 (66,26%) foi inferior ($P < 0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. No segundo corte, o valor de DIVMS da planta inteira do híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (75,15%) foi superior ($P < 0,05$) aos demais híbridos avaliados, sendo que a DIVMS do híbrido CMSX156A * Tx2785 (62,11%) foi superior ($P < 0,05$) ao BR 800 (56,23%).

Digestibilidade in vitro da matéria seca da folha

Para o valor de DIVMS da folha, no primeiro corte, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (75,14%) foi superior ($P < 0,05$) aos demais híbridos avaliados, sendo que a DIVMS do híbrido BR 800 (72,39%) foi superior ($P < 0,05$) ao CMSX156A * Tx2785 (69,67%). A mesma tendência foi observada para a DIVMS da folha no segundo corte, sendo que os valores observados variaram de 62,68% a 71,47%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr.

Digestibilidade in vitro da matéria seca do colmo

Tabela 11 – Valores médios de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em porcentagem, das plantas inteiras, folhas e colmos dos híbridos de sorgo com capim-sudão manejados em dois cortes sucessivos.

	Híbridos			Média	CV (%)
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX156A * Tx2785		
<i>Planta inteira</i>					
1º Corte	69,83 Aa	69,52 Aa	66,26 Ba	68,54 a	2,66
2º Corte	56,23 Cb	65,62 Ab	62,11 Bb	61,32 b	
<i>Folha</i>					
1º Corte	72,39 Ba	75,14 Aa	69,67 Ca	72,40 a	2,52
2º Corte	65,34 Bb	71,47 Ab	62,68 Cb	66,50 b	
<i>Colmo</i>					
1º Corte	72,91 Ba	76,18 Aa	69,85 Ca	72,98 a	2,72
2º Corte	63,78 Bb	71,86 Ab	60,72 Cb	65,45 b	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna comparam o mesmo híbrido na mesma fração da planta nos diferentes cortes, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$).

Para o valor de DIVMS do colmo, no primeiro corte, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (76,18%) foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados, sendo que a DIVMS do híbrido BR 800 (72,91%) foi superior ($P<0,05$) ao CMSX156A * Tx2785 (69,85%). A mesma tendência foi observada para a DIVMS do colmo no segundo corte, sendo que os valores observados variaram de 60,72% a 71,86%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr.

Tomich (2003) avaliou doze híbridos de sorgo com capim-sudão normais, em três cortes sucessivos, e observou valores médios de coeficiente de DIVMS para planta inteira de 66,2%; 67,2% e 65,6%, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro corte. Os resultados obtidos por este autor foram semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Mello et al. (2003) avaliaram o híbrido normal AG 2501 em duas idades de corte, 50 e 85 dias

após o plantio, e observaram coeficientes de DIVMS da folha e do colmo muito inferiores aos encontrados no presente trabalho. Os teores médios observados por estes autores foram de 57,96% e 63,70%, respectivamente para as frações folha e colmo.

Para todos os híbridos avaliados, os valores de DIVMS da planta inteira, da folha e do colmo foram superiores ($P<0,05$) no primeiro corte. Na comparação dos híbridos componentes do par isogênico, em todas as frações avaliadas, o híbrido mutante BMR CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi superior ($P<0,05$) ao material normal CMSX156A * Tx2785. A maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca da planta inteira, bem como das frações folha e colmo do híbrido mutante *bmr-6* (CMSX156Abmr * Tx2785bmr) em comparação ao seu híbrido isogênico normal sugerem que a mutação BMR interferiu positivamente sobre a DIVMS. A variação na estrutura das ligninas, bem como as diferentes

intensidades de ligação com os componentes da parede celular poderão apresentar também efeitos variáveis sobre a degradação dos carboidratos e aproveitamento pelos animais (Barrière et al., 2004; Ralph et al., 2004).

Ferreira (2008) encontrou valores médios de DIVMS variando de 56,2% a 74,7%, respectivamente para um híbrido de sorgo de corte e pastejo normal e mutante *BMR*. De acordo com o autor, que avaliou quinze híbridos, a mutação *BMR* não agiu de forma uniforme entre os híbridos e cortes avaliados.

De acordo com Gontijo (2008), as tendências de menores valores de DIVMS, em cortes específicos de cada época, podem ser explicadas pela maior altura das plantas nesses cortes, o que propicia uma menor relação folha/haste, inferindo negativamente no valor nutricional da forragem.

No presente trabalho, foi observada a mesma tendência de redução nos coeficientes de DIVMS com o avanço da maturidade da planta. O coeficiente de DIVMS correlacionou ($P < 0,05$) com altura de planta ($r = -0,74$), relação folha/colmo ($r = 0,67$) e teores de FDN ($r = -0,87$), FDA ($r = -0,94$) e lignina ($r = -0,86$). Cortes de plantas mais altas e mais maduras reduziram a proporção de folha na matéria seca, o que comprometeu os coeficientes de DIVMS da planta inteira.

De acordo com Rodrigues (2000), para as condições do Brasil Central, a época ideal para pastejo nos híbridos de sorgo com capim-sudão coincide quando as plantas atingem cerca de 1 m a 1,20 m de altura, correspondendo a um período de 30 a 45 dias após o plantio, antes que as plantas emitam a inflorescência, garantido assim bom valor nutricional com adequada produção por área.

4.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Os híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados apresentaram alto potencial forrageiro para a alimentação de ruminantes por apresentarem alta produtividade de matéria seca, elevado teor de proteína bruta e alto coeficiente de digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Para as condições de manejo e híbridos avaliados, foi possível observar aumento do valor nutricional para o genótipo mutante *bmr-6* sem comprometimento da produtividade por área.

4.6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALKIMIM FILHO, J.F. *Valor nutritivo de silagens de híbridos de Sorghum bicolor x Sorghum sudanense submetidos a diferentes tempos de pré-secagem*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG. 1998, 95p. (Dissertação)

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

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

BARRIÈRE, Y.; ARGILLIER, O. Brown midrib genes of maize: A review. *Agronomie*, v.13, p.865-876, 1993.

BARRIÈRE, Y.; RALPH, J.; MÉCHIN, V.; GUILLAUMIE, S.; GRABBER, J. H.; ARGILLIER, O.; CHABBERT, B.; LAPIERRE, C. Genetic and molecular basis of grass cell wall biosynthesis and degradability. II. Lessons from brown-

- midrib mutants. *C. R. Biologies*, v.327, p.847–860, 2004.
- 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. *Adv. Agron.*, v.46, p.157–198, 1991.
- DESCHAMPS, F.C.; BRITO, C.J.F.A. Qualidade da Forragem e Participação Relativa na Produção de Matéria Seca de Diferentes Frações de Cultivares de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). *Revista brasileira de zootecnia*, v.30, n.5, p.1418-1423, 2001.
- DWIVEDI, G.K.; DINESH, K.; TOMER, P.S. Effect of cutting management and nitrogen levels on growth, seed yield attributes and seed production of *Setaria sphacelata* cv. Nandi. *Tropical Grasslands*, v.33, p.146-149, 1999.
- EDWARDS Jr., N.C.; FRIBROURG, H.A.; MONTGOMERY, M.J. Cutting management effect on growth rate and dry matter digestibility of sorghum-sudangrass cultivar Sudax SX-11. *Agronomy Journal*, v.63, n.2, p.267-271, 1971.
- FAVORETTO, V. Adaptação de plantas forrageiras ao pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 1993, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1993. p.130-65.
- FERREIRA, D.A. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão portadores de nervura marrom, submetidos a cortes sucessivos*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2008, 80p. (Tese)
- FULKERSON, W.J.; SLACK, K.; HAVILAH, E. The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). *Tropical Grasslands*, v.33, p.138-145, 1999.
- GONTIJO, M.H.R.; BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, M.M. Potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim-sudão. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.7, n.1, p. 33-43, 2008.
- HALPIN, C.; HOLT, K.; CHOJECKI, J.; OLIVER, D.; CHABBERT, B. Brown-midrib maize (bm1): a mutation affecting the cinnamyl alcohol dehydrogenase gene. *Plant Journal*, v.14, p.545–553, 1998.
- HATFIELD, R.D., RALPH, J., GRABBER, J.H.. Cell wall structural foundations: molecular basis for improving forage digestibilities. *Crop Science*, v.39, p.27-37, 1999.
- HERRERA, R.S. Stem and leaf contribution to the chemical composition of *Cynodon dactylon* cv. Coast cross 1. *Cuban Journal of Agricultural Science*, v.13, p.307-314, 1979.
- 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, 1990.
- JUNG, H.G., DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATFIELD, R.D. et al. *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: America Society of Agronomy, Crop Science. p.315-346. 1993.
- LEWIS, A. L.; COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Hybrid, Maturity, and Cutting Height Interactions on Corn Forage Yield and

Quality. *Agron. Jour.* v.96, p.267–274, 2004.

LIMA, C.B.; CARNEIRO, J.C.; NOVAES, L.P.; LOPES, F.C.F.; RODRIGUES, J.A.S. *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).

MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; ROCHA, M.G.; DAVID, D.B. 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.

MUIA, J.M.K.; TAMMINGA, S.; MBUGUA, P.N.; KARIUKI, J.N. Optimal stage of maturity for feeding napier grass (*Pennisetum purpureum*) to dairy cows in Kenya. *Tropical Grasslands*, v.33, p.182-190, 1999.

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

OLIVER, A. L.; GRANT, R. J.; PEDERSEN, J. F.; O'REAR, J. 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.; KLOPFENSTEIN, T. J. 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.

PORTUGAL, A.F.; ROCHA, V.S.; SILVA, A.G.; PINTO, G.H.F. Rendimento de matéria seca e proteína de cultivares de sorgo forrageiro no primeiro corte e na rebrota. *Revista Ceres*, v.50, n.º289, p.357-366, 2003.

RALPH, J.; GUILLAUMIE, S.; GRABBER, J. H.; LAPIERRE, C.; BARRIÈRE, Y. Genetic and molecular basis of grass cell-wall biosynthesis and degradability. III. Towards a forage grass ideotype. *C R Biologies*. v.327, p.467-479, 2004.

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.; SANTOS, F.G.; SHAFFERT, R.E.; FERREIRA, A.S.; CASELA, C.R. *BRS 801- Híbrido de sorgo de pastejo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004, 2p. (Comunicado Técnico, 103).

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. Lavras, *Anais...* Lavras: UFLA, 2000. p.179-201.

RODRIGUES, L.R.A. Espécies forrageiras para pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8., Piracicaba, 1986. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1986. p.375-387.

TOMICH, T.R. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados em regime de corte*. Belo

Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003, 88p. (Tese)

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

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; TOMICH, R.G.P.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Valor nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão em comparação ao de outros volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, n.6, p.1249-1252, 2006.

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

VIEIRA, J.D.; HAAG, H.P.; CORSI, M.; BOSE, M.L.V. Produção, coeficiente de digestibilidade da matéria seca e concentração de nutrientes em *Panicum maximum* Jacq., em função dos cortes aos 30, 45, 60 e 75 dias de idade. *Anais da ESALQ*, v.37, p.419-441, 1980.

WARD, V.Y., BLASER, R.E. Carbohydrates feed reserves and leaf. *Crop Science*, v.1, p.366-370. 1961.

WILSON, J.R., DEINUM, B., ENGELS, F.M. Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Netherlands Journal of Agriculture Science*, v.39, n.1, p.31-48, 1991.

CAPÍTULO V – EXPERIMENTO III

CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE E VALORES DE ENERGIA LÍQUIDA DE HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, DOIS NORMAIS E UM MUTANTE - BMR

5.1. RESUMO

Foram avaliados o consumo e a digestibilidade aparente dos componentes nutricionais de híbridos de sorgo com capim-sudão, dois normais e um mutante *BMR*. Os valores de energia líquida foram determinados através de calorimetria indireta. Foram utilizados 18 carneiros castrados, alojados em gaiola metabólica, alimentados *ad libitum* e restrito à manutenção. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3x2, sendo três híbridos (tratamentos), dois níveis de consumo (*ad libitum* e restrito à manutenção) e seis repetições por tratamento. Não foi observada diferença significativa entre os híbridos avaliados e entre os níveis de consumo para a digestibilidade aparente da matéria seca, entretanto, para os consumos de matéria seca e matéria seca digestível por unidade de tamanho metabólico, o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi superior aos demais híbridos normais. O consumo de proteína bruta do híbrido mutante *BMR* foi superior ao do seu par isogênico normal em ambos os níveis de consumo, embora todos os híbridos testados tenham apresentado balanço de nitrogênio positivo durante os dois períodos experimentais. As digestibilidades aparentes da FDN e FDA, e os consumos de FDN e FDA digestíveis foram superiores para o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr em comparação ao seu par isogênico normal. O híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr também apresentou valores superiores ao seu par isogênico normal para o consumo de energia digestível, metabolizável e líquida por unidade de tamanho metabólico. Os valores de energia líquida variaram de 1,46 a 1,85 Kcal/g de MS, a metabolizabilidade da energia bruta variou de 60,77% a 64,19%, e a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção variou de 57,26% a 69,44%. O híbrido de sorgo com capim-sudão mutante *BMR* se destacou por apresentar maiores valores de consumo de matéria seca digestível, de FDN digestível, FDA digestível e energia metabolizável em ambos os níveis de consumo.

Palavras-chave: calorimetria indireta, desempenho, nervura marrom, ovinos, ruminante, sorgo de corte e pastejo.

5.2. INTRODUÇÃO

Conforme Van Soest (1994) os alimentos não são iguais em sua capacidade de dar suporte às funções de manutenção, crescimento, reprodução e lactação. Segundo Russell et al. (1992), além das características peculiares das frações nutritivas constituintes, os alimentos consumidos pelos ruminantes são transformados pelos microrganismos

ruminais, impedindo a predição do desempenho somente a partir dos componentes dietéticos. Assim, a qualidade das forragens está relacionada não só à sua composição química, mas também à dimensão do seu aproveitamento pelos animais.

Os ensaios “*in vivo*” envolvendo produção animal e digestibilidade são os métodos mais precisos para determinar o valor

nutricional dos alimentos. A avaliação da digestibilidade de uma forrageira torna-se importante, baseada na necessidade de se comparar diferentes forrageiras e cultivares, considerando-se que as mais digestíveis apresentarão melhor retorno econômico/produtivo pelos animais que as consumiram (Molina, 2000).

O consumo de matéria seca é afetado basicamente por aspectos relativos ao animal, ao alimento e ao ambiente (Oliveira, 1996). Para controle do consumo, intrínseco ao animal, uma série de teorias têm surgido ao longo dos anos, estando entre elas a quimiostática, a lipostática, a termogênese, a distensão gástrica, entre outras, sendo que estes fatores estão ligados direta ou indiretamente ao sistema nervoso central. Receptores locais ou periféricos esofageanos, estomacais, intestinais e hepáticos são responsáveis pela captação e envio de estímulos dos centros da fome e saciedade, localizados respectivamente nas regiões lateral e ventromedial do hipotálamo. Em ruminantes, produtos da fermentação como acetato e propionato ou mesmo outros metabólitos podem desempenhar função reguladora da ingestão (Van Soest, 1994).

Tanto a dieta como os fatores advindos dos animais afetam a taxa de passagem pelo rúmen, sendo que os fatores predominantes são a ingestão de alimento, a natureza física e química da dieta, o estado fisiológico dos animais e as condições climáticas. A maior correlação encontrada entre as características do alimento e a ingestão foi para a FDN, seguido pela FDA, lignina, peso do animal, e também nitrogênio insolúvel em detergente ácido (Mir, 1991). Em dietas de baixa densidade energética e valor nutricional, o fator que desempenha o papel mais importante na regulação da ingestão de matéria seca é o enchimento do rúmen (Forbes, 1986; Van Soest, 1994; Valadares, 1997).

Atualmente, o critério mais adequado e amplamente utilizado para expressar o valor energético dos alimentos e os requerimentos de energia dos animais, nos cálculos de ração, é o sistema de conteúdo de energia líquida (EL). Esta deduz do conteúdo de energia metabolizável (EM) as perdas energéticas na forma de calor, geradas no processo de fermentação ruminal e metabolismo dos produtos absorvidos da fermentação/digestão. A determinação dos valores de energia líquida é importante por quantificar a energia utilizada do alimento para os processos metabólicos envolvidos na manutenção, gestação e produção animal (Nunes, 1995).

Um volume crescente de pesquisas tem sido desenvolvido no Brasil para o estabelecimento das exigências nutricionais de gado de corte (Salvador, 1980; Teixeira, 1984; Gonçalves, 1988; Lana, 1988; Pires et al., 1993; Soares, 1994; Fontes, 1995; Signoretti et al., 1999; Paulino et al., 1999). Há, entretanto, carência absoluta de estudos voltados à determinação do conteúdo de energia líquida dos alimentos utilizados, o qual pode ser fortemente influenciado por fatores como clima, solo, espécie forrageira, entre outros. Torna-se relevante o conhecimento do conteúdo de energia líquida, para manutenção e ganho, das principais forrageiras de interesse, com vistas ao estabelecimento de estratégias adequadas de suplementação que possam elevar a eficiência nutricional e econômica dos suplementos empregados.

Objetivou-se com este experimento determinar os consumos voluntários, as digestibilidades aparentes e valores de energia líquida de três híbridos de sorgo com capim-sudão, sendo um material mutante *BMR* (CMXS156Abmr * Tx2785bmr) e os demais híbridos normais (CMXS156A * Tx2785 e BR 800).

5.3. MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1. Considerações gerais

O alimento utilizado no ensaio foi produzido nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no Km 65 da rodovia MG424, no município de Sete Lagoas, na região metalúrgica de Minas Gerais. A Embrapa Milho e Sorgo situa-se nas coordenadas 19° 28' de latitude sul e 44° 15' de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 732 metros. Três híbridos de sorgo com Capim-sudão (*Sorghum bicolor* L. Moench x *Sorghum Sudanenses* Piper Stapf) foram semeados em 20 de dezembro de 2007 e a adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e as exigências da cultura, sendo utilizados 400 Kg/ha da fórmula 08-28-16 (N:P:K) + zinco no plantio e 100 Kg/ha de uréia em cobertura 25 dias após o plantio.

A colheita foi realizada no dia 22/02/2008, 64 dias após o plantio. Os híbridos foram cortados, picados, ensacados em sacos plásticos (aproximadamente 10 kg cada) e conduzidos às dependências do departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG onde foram acondicionados em câmara frigorífica a 15°C negativos.

5.3.2. Descrição dos híbridos

Dos três genótipos estudados, dois são híbridos experimentais e pertencem ao programa de melhoramento genético do Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo da Embrapa, e um híbrido é normal e comercial (BR 800).

Os materiais experimentais eram compostos por um par de híbridos isogênicos, originado pelo cruzamento das linhagens CMSX156A e Tx2785. Os materiais que compunham este par isogênico diferenciavam apenas pela presença do gene bmr-6 em um dos híbridos, conferindo a este o fenótipo com nervura marrom (*BMR: Brown-midrib*).

A composição química e os valores de energia bruta dos híbridos de sorgo com capim-sudão utilizados nos ensaios de consumo e digestibilidade estão apresentados na Tabela 1.

5.3.3. Procedimento experimental

O ensaio de consumo e digestibilidade aparente foi conduzido nas dependências do departamento de Zootecnia da EV-UFMG, em Belo Horizonte – MG durante os meses de abril e maio de 2009.

Tabela 1 – Composição química (%) e energia bruta (cal/g) expressas na matéria seca de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, utilizados no Capítulo V – Experimento III.

Parâmetros	BR 800	CMSX156Abmr*Tx2785bmr	CMSX156A*Tx2785
MS total (%)	15,63	16,55	15,16
PB (%)	17,61	16,49	14,95
EB (cal/g)	4287,22	4173,04	4163,68
FDN (%)	62,66	60,33	65,23
FDA (%)	33,15	33,18	35,67
Hcel (%)	29,51	27,15	29,56
Cel (%)	29,66	28,79	32,32
Lignina (%)	3,49	4,40	3,35

Foram utilizados dezoito carneiros adultos, machos, castrados, sem raça definida, sendo seis por tratamento. Os animais foram manejados em gaiolas individuais de metabolismo, confeccionadas em cantoneira de ferro, nas dimensões de 1,50 x 0,80m, com piso ripado de madeira, dispondo de comedouro e bebedouro de aço inoxidável e saleiro de PVC. Para coleta de urina foram utilizados funis acoplados às gaiolas e baldes, e para a coleta de fezes, caixas plásticas dispostas abaixo dos funis para coleta de urina.

O ensaio de consumo e digestibilidade aparente foi dividido em dois períodos experimentais de 5 dias após 28 dias de adaptação às dietas para determinação do consumo e digestibilidade e um período experimental de 24 horas por animal para determinação dos valores de energia líquida dos tratamentos avaliados. Os animais foram pesados no início e no final de cada período experimental. Os carneiros permaneceram no mesmo tratamento em todo o período experimental (três etapas de avaliação):

Etapa 1: consumo de matéria seca *ad libitum* para determinação do consumo e da digestibilidade. A quantidade de alimento oferecido proporcionou 20% de sobras no cocho. Os carneiros apresentavam 44,82 kg de peso médio.

Etapa 2 - consumo de matéria seca restrito à manutenção (60 a 80 g de MS/kg^{0,75}) para determinação de consumo e digestibilidade. Os carneiros apresentavam 43,32 kg de peso médio.

Etapa 3 - consumo de matéria seca restrito à manutenção (60 a 80 g de MS/kg^{0,75}) para determinação do valor de energia líquida. Todos os carneiros permaneceram na câmara respirométrica por 24 horas.

Os alimentos congelados foram retirados da câmara fria 14 horas antes de serem

oferecidos aos animais para que estivessem completamente descongelados no momento dos tratamentos. Juntamente às dietas testadas, que foram ofertadas duas vezes ao dia (6:30 e 17:30h), os animais receberam água e mistura mineral *ad libitum*, sendo que os cochos foram lavados diariamente pela manhã.

Durante os períodos experimentais (*Etapas 1 e 2*) foram realizadas amostragens diárias dos oferecidos, das sobras no cocho, das fezes e da urina. Para o material oferecido, foram coletados 300g por tratamento por dia. As sobras foram recolhidas pela manhã, pesadas e armazenadas. As fezes foram recolhidas pela manhã, pesadas, coletadas amostras de 20% do total mensurado e armazenadas. Para se evitar a fermentação, degradação e perdas de nitrogênio da urina, foram adicionados diariamente, aos baldes coletores, 100mL de HCl 2N. A urina foi coletada no período da manhã, com a amostragem de 10% do total mensurado e armazenado. As amostras coletadas foram devidamente identificadas e congeladas.

5.3.4. Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da EV-UFMG, em Belo Horizonte. As amostras diárias de alimento oferecido, sobras e fezes foram descongeladas durante um período de 14 horas. O teor de matéria pré-seca foi determinado em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após a moagem das amostras diárias em moinho estacionário a 5 mm procedeu-se a homogeneização das mesmas para confecção das amostras compostas, que foram moídas utilizando-se peneira de 1 mm, e estocadas à temperatura ambiente em frascos de polietileno com tampa.

As amostras compostas de alimento oferecido, sobras e fezes foram analisadas em duplicatas. Foram determinados os

teores de matéria seca em estufa a 105°C (AOAC, 1980), proteína bruta (PB) a partir da determinação do conteúdo de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC International, 1995) utilizando-se aparelho da marca Büchi para destilação e titulação, energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC International, 1995), frações fibrosas (fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemiceluloses e lignina) pelo método seqüencial de Robertson e Van Soest (1981) em aparelho analisador de fibra modelo Ankom 220 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA). As amostras de urina foram analisadas para determinação de energia bruta e nitrogênio total conforme metodologias já mencionadas.

5.3.5. Avaliação do consumo

As dietas foram compostas pelos híbridos de sorgo com Capim-sudão (*Sorghum bicolor* L. Moench x *Sorghum Sudanenses* Piper Stapf) apresentados no item 5.3.2. As dietas foram pesadas e oferecidas duas vezes ao dia. As sobras, após serem homogeneizadas no cocho, foram recolhidas diariamente antes da alimentação da manhã, pesadas, amostradas, devidamente identificadas e congeladas, para posterior análise.

O peso diário das dietas oferecidas e das sobras, durante o período experimental, foi utilizado para o cálculo de consumo de matéria seca (CMS), de proteína bruta (CPB), de energia bruta (CEB), de fibra em detergente neutro (CFDN), de fibra em detergente ácido (CFDA), de celulose (CCEL) de hemiceluloses (CHCEL) e de lignina (CLIG) segundo a equação:

$$\text{Consumo} = (\text{kgOF} * \% \text{OF}) - (\text{kgSO} * \% \text{SO}) * 100$$

onde:

kgOF = quantidade de dieta oferecida, em kg de MS;

%OF = concentração do nutriente na dieta oferecida, na MS;

kgSO = quantidade de sobras retiradas, em kg de MS;

%SO = concentração do nutriente nas sobras, na MS.

5.3.6. Digestibilidade aparente

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente foram utilizados os dados de consumo e produção fecal. Foi realizada coleta total de fezes diariamente durante o período experimental. As fezes após serem coletadas foram pesadas, amostradas, identificadas e congeladas, para posterior análise. As digestibilidades aparentes da matéria seca (DAMS), da proteína bruta (DAPB), da energia bruta (DAEB), e as digestibilidades da fibra em detergente neutro (DFDN), da fibra em detergente ácido (DFDA), da celulose (DCEL) e das hemiceluloses (DHCEL) foram obtidas segundo a equação:

$$DA = \frac{(\text{Kg of} \times \% \text{of}) - (\text{kgsb} \times \% \text{sb}) - (\text{kgfz} \times \% \text{fz}) \times 100}{(\text{Kg of} \times \% \text{pf}) - (\text{kg sb} \times \% \text{sb})}$$

Conforme metodologia utilizada por Maynard et al. (1984), onde:

kg of = quantidade de alimento oferecido;

% of = teor do nutriente no alimento fornecido;

kg sb = quantidade de sobras retiradas;

% sb = teor do nutriente nas sobras;

kg fz = quantidade de fezes coletadas;

% fz = teor do nutriente nas fezes.

Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos a partir da diferença entre a EB dos alimentos, das sobras no cocho e das fezes.

Os valores de energia metabolizável (EM) foram obtidos a partir da diferença entre energia digestível e perdas de energia sob a forma de metano e urina. Para cálculo das

perdas em metano, foi utilizada a fórmula sugerida por Blaxter & Clapperton (1965) em que $cm = 3,67 + 0,062D$, onde D representa a digestibilidade aparente da energia bruta do alimento.

5.3.7. Calorimetria indireta

A determinação do conteúdo de energia líquida e energia metabolizável dos híbridos de sorgo com capim-sudão foram realizadas por meio de calorimetria indireta nas dependências do Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal - LAMCA da Escola de Veterinária da UFMG.

Os animais permaneceram dentro da câmara respirométrica por um período de 24 horas para mensurar a troca gasosa e a produção de calor, e determinação do conteúdo de energia líquida da dieta. Durante esse período o animal recebeu a dieta, água e mistura mineral diretamente na câmara respirométrica, sendo que o consumo de alimento foi registrado. O ar atmosférico entra na câmara em um fluxo constante de 50 litros por minuto e é misturado ao ar expirado pelo animal, sendo coletadas amostras a cada 5 minutos para a determinação das concentrações de oxigênio (O₂), dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) de acordo com metodologia proposta por Chwalibog (2004).

Dos valores de produção de calor e troca gasosa, observadas para o animal alimentado, foram descontados os valores observados para o animal em jejum. Os animais, após um período de 48 horas em jejum, permaneceram dentro da câmara respirométrica por um período de 24 horas onde receberam apenas água.

Para o procedimento de calorimetria indireta, foi utilizada a metodologia descrita por Rodriguez et al. (2007), sendo o cálculo da produção de calor realizado de acordo com a equação de Brouwer (1965):

$$H \text{ (kj)} = 16,18 \times O_2 \text{ (L)} + 5,02 \times CO_2 \text{ (L)} - 5,88 \times N_u \text{ (g)} - 2,17 \times CH_4 \text{ (L)}$$

Onde,

H = é a produção de calor;

N_u = é o nitrogênio urinário.

Para a transformação dos dados em calorias, utilizou-se como referência o valor de 1 joule correspondente a 0,239 calorias.

O valor de metabolizabilidade da energia bruta (q_m) foi obtido a partir da seguinte fórmula:

$$q_m = \frac{CEM \times 100}{CEB}$$

Onde,

CEM = Consumo de energia metabolizável (Kcal/dia);

CEB = Consumo de energia bruta (Kcal/dia).

O valor de eficiência de utilização de energia metabolizável (k_m) foi obtido a partir da seguinte fórmula:

$$k_m = \frac{EL \times 100}{EM}$$

Onde,

EL = Teor de energia líquida (Kcal/gMS)

EM = Teor de energia metabolizável (Kcal/gMS)

5.3.8. Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3x2, sendo 3 híbridos e 2 níveis de consumo, em 6 repetições, utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

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

em que,

Y_{ij} = valor referente à observação do híbrido i , no nível de consumo j ;
 μ = média geral;
 H_i = efeito dos híbridos ($i = 1, 2, 3$);
 C_j = efeito do nível de consumo ($j = 1, 2$);
 $(H*C)_{ij}$ = efeito da interação do híbrido i com o nível de consumo j ;
 e_{ijk} = erro aleatório associada à observação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (2007) e as médias comparadas pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo de MS

Os valores de consumo de matéria seca em g/dia (CMS) e g/dia por $kg^{0,75}$ (CMSUTM), digestibilidade aparente da MS em porcentagem (%) (DAMS) e consumo de MS digestível em g/dia por $kg^{0,75}$ (CMSDUTM) de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, estão apresentados na Tabela 2.

Consumo ad libitum de MS

Os valores de consumo voluntário de matéria seca (CMS) variaram de 1352,91 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 1584,09 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os materiais avaliados. Para o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMSUTM), o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (94,79 g/dia) foi superior ($P < 0,05$) aos demais genótipos, que apresentaram diferença entre si ($P < 0,05$). O CMSUTM do híbrido BR 800 (83,30 g/dia) foi superior ($P < 0,05$) ao do híbrido CMSX156A * Tx2785 (76,01 g/dia). Os valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) variaram de 68,54 % para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a

72,32% para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o CMSDUTM, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (68,58 g/dia) foi superior ($P < 0,05$) aos demais genótipos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si.

Os maiores CMSUTM, CMSDUTM e DAMS, observados para o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr, podem ser justificados pelo menor teor de FDN apresentado por este híbrido. Além do menor teor de FDN, fatores organolépticos podem ter influenciado no aumento do consumo deste híbrido.

Consumo restrito à manutenção de MS

Os valores de CMS variaram de 1126,96 g/dia para o híbrido BR 800 a 1270,40 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o CMSUTM, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (78,76 g/dia) foi superior ($P < 0,05$) aos demais genótipos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Os valores de DAMS variaram de 69,55 % para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 71,38% para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o CMSDUTM, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (56,18 g/dia) foi superior ($P < 0,05$) aos demais genótipos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si.

Consumo ad libitum x restrito à manutenção (MS)

Na comparação dos níveis de oferta de alimento, todos os híbridos avaliados apresentaram CMSUTM superiores ($P < 0,05$) para a oferta de alimento para consumo *ad libitum*. Os valores médios observados para os três híbridos avaliados para o consumo *ad libitum* foi 84,70 g/dia e para o consumo restrito à manutenção foi

Tabela 2 – Valores médios de consumo de matéria seca (CMS) em g/dia, consumo de matéria seca em g/dia por kg^{0,75} (CMSUTM), digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) em percentagem (%) e consumo da matéria seca digestível em g/dia por kg^{0,75} (CMSDUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Híbridos			Média
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX 156A * Tx2785	
<i>ad libitum</i>				
CMS ^a	1455,70 Aa	1584,09 Aa	1352,91 Aa	1464,23
CMSUTM ^b	83,30 Ba	94,79 Aa	76,01 Ca	84,70 a
DAMS ^c	69,24 Aa	72,32 Aa	68,54 Aa	70,03 a
CMSDUTM ^d	57,65 Ba	68,58 Aa	52,19 Ba	59,48 a
<i>restrito à manutenção</i>				
CMS ^a	1126,96 Ab	1270,40 Ab	1168,60 Aa	1188,65
CMSUTM ^b	65,25 Bb	78,76 Ab	67,67 Bb	70,56 b
DAMS ^c	69,67 Aa	71,38 Aa	69,55 Aa	70,20 a
CMSDUTM ^d	45,43 Bb	56,18 Ab	47,02 Bb	49,54 b

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK (P>0,05). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido no mesmo parâmetro entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK (P>0,05); ^aCV = 13,37%; ^bCV = 7,75%; ^cCV = 4,01%; ^dCV = 8,87%.

70,56 g/dia. A mesma tendência foi observada para o CMSDUTM que variou de 59,48 a 49,54 g/dia.

De acordo com o NRC (1989), forragens com alta umidade apresentam seu consumo reduzido devido ao enchimento do rúmen. De acordo com as equações do NRC, a redução é de 0,02% do peso corporal para cada aumento de 1% na umidade da dieta, à partir de 50%. Apesar do baixo teor de MS para todos os híbridos avaliados, não foi observado redução do consumo. Os CMSUTM médios foram 84,70 g/dia por kg^{0,75} para o consumo *ad libitum* e 70,56 g/dia por kg^{0,75} para o consumo restrito à manutenção. Os valores observados neste trabalho são muito superiores ao consumo de MS de 46 g/dia por kg^{0,75}, recomendados pelo AFRC (1993) como o consumo mínimo para manutenção de ovinos adultos.

O alto consumo de matéria seca observado para todos os híbridos avaliados, mas principalmente para o híbrido mutante *BMR*, tem efeito significativo sobre o valor nutricional destes materiais por garantir maior aporte de nutrientes aos animais.

A maior ingestão de MS está relacionada ao menor tempo de retenção da digesta no rúmen, o que pode comprometer a digestibilidade da MS (Fitzgerald, 1996). Church (1988) relata que há decréscimo de 4% na digestibilidade para cada aumento de 1% no nível de ingestão acima da manutenção. Dependendo das condições, a digestibilidade dos ingredientes das rações pode ser aditiva ou substitutiva, podendo ocorrer efeitos associativos negativos. Para a DAMS, os valores observados para os três híbridos foram 70,03 e 70,20%, respectivamente para o consumo *ad libitum* e restrito à manutenção. No presente

experimento, não foi observada alteração na digestibilidade devido ao maior consumo quando o alimento foi oferecido *ad libitum*.

A digestibilidade da matéria seca (DAMS) das forragens está diretamente associada à maior ingestão pelos animais (Allen, 1996). Esta maior ingestão tem sido atribuída ao aumento da taxa de passagem e de digestão da forragem no trato digestivo (Cherney et al., 1991; Jung e Allen, 1995). Tem sido observado aumento da palatabilidade para os híbridos mutantes *BMR* mesmo em experimentos com curto período de pastejo, durante o qual a digestibilidade não é o fator primordial para a avaliação da ingestão. De acordo com Li et al. (2008) os ovinos tendem a escolher o híbrido de sorgo mutante *BMR* quando plantados lado a lado ao híbrido normal. Segundo os mesmos autores, a razão para essa preferência de pastejo não está clara, porém, acredita-se que algum fator sensorial no material *BMR* o torna mais atrativo para o animal. Seja qual for a razão, essa maior aceitação pelos animais aumenta o valor nutricional das plantas mutantes *BMR* devido ao maior aporte de nutrientes para degradação e absorção.

Tine et al. (2000) e Tjardes et al. (2000) compararam a utilização de silagens de milho normais e mutantes *BMR* na alimentação de bovinos leiteiros e observaram aumento significativo do consumo de matéria seca para os híbridos mutantes. Para Tine et al. (2000), o consumo foi 10,5% maior para o material mutante, enquanto que Tjardes et al. (2000) observaram aumentos de 12,2%. No presente experimento, o híbrido mutante *BMR* apresentou um CMSUTM 16% maior que a média dos híbridos normais.

Martins (2000) avaliou as silagens de quatro genótipos de sorgo normais, sendo dois forrageiros e dois de duplo propósito em ovinos, e encontrou um valor médio de CMSUTM de 62,87 g/dia e de DAMS de

53,56%, valores estes muito inferiores aos deste experimento. Pires (2003) testou o consumo e a digestibilidade aparente de silagens de sorgo normais, com e sem tanino no grão, em ovinos e observou uma variação para CMSUTM de 28,16 a 51,24 g/dia e para DAMS de 49,79% a 72,67%. Guimarães Jr. (2006) avaliou as silagens de três genótipos de milho normais e observou valores médios de CMSUTM de 43,42 g/dia e DAMS de 47,75%. Castro (2008) avaliou as silagens do capim tanzânia em quatro idades de corte e observou valores médios de CMSUTM de 58,07 g/dia e DAMS de 50,57%. Os híbridos de sorgo de corte e pastejo, avaliados neste trabalho, apresentam alto valor nutricional quando comparado com outras forrageiras. Este alto valor nutricional pode ser justificado pela característica de utilização destes híbridos, com cortes muito jovens, e devido às características inerentes aos materiais como a alta palatabilidade.

Consumo de Nitrogênio

Os valores de consumo de proteína bruta em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CPBUTM), nitrogênio (N) ingerido, N fecal e N urinário em g/dia e balanço de nitrogênio em g/dia e g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ estão apresentados na Tabela 3.

Consumo ad libitum de Nitrogênio

Os valores de consumo voluntário de proteína bruta por unidade de tamanho metabólico (CPBUTM) variaram de 11,65 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 15,49 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr. O CPBUTM do híbrido CMSX156A * Tx2785 foi inferior ($P < 0,05$) aos demais híbridos que não diferiram entre si ($P > 0,05$). O consumo de N observado para o híbrido CMSX156A * Tx2785 foi inferior ($P < 0,05$) aos demais híbrido que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Para a excreção fecal de nitrogênio, não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os

Tabela 3 – Valores médios de consumo de proteína em g/dia por kg^{0,75} (CPBUTM), nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário e balanço de nitrogênio (N retido) em g/dia e g/dia por kg^{0,75} de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Híbridos			Média
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX 156A * Tx2785	
<i>ad libitum</i>				
CPBUTM ^a	14,65 Aa	15,49 Aa	11,65 Ba	13,93 a
N ingerido ^b	41,00 Aa	41,42 Aa	33,19 Ba	38,54
N fecal ^c	12,45 Aa	11,75 Aa	10,28 Aa	11,49 a
N urinário ^d	20,43 Aa	20,21 Aa	16,16 Ba	18,93
N retido ^e	8,11 Aa	9,46 Aa	6,75 Aa	8,11
N ret/UTM ^f	0,47 Aa	0,57 Aa	0,37 Aa	0,47
<i>restrito à manutenção</i>				
CPBUTM ^a	11,52 Bb	12,98 Ab	10,25 Cb	11,58 b
N ingerido ^b	31,83 Ab	33,49 Ab	28,32 Aa	31,21
N fecal ^c	8,50 Ab	9,21 Ab	7,16 Ab	8,29 b
N urinário ^d	19,23 Aa	16,74 ABb	15,16 Ba	17,04
N retido ^e	4,10 Ab	7,53 Aa	5,99 Aa	5,88
N ret/UTM ^f	0,24 Ab	0,47 Aa	0,35 Aa	0,35

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P > 0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido no mesmo parâmetro entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P > 0,05$); ^aCV = 7,44%; ^bCV = 13,22%; ^cCV = 21,36%; ^dCV = 15,01%; ^eCV = 46,97%; ^fCV = 46,43%.

híbridos, e a variação observada foi 10,28 a 12,45 g/dia, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e BR 800. A variação observada para a excreção urinária de nitrogênio foi de 16,16 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 20,43 g/dia para o híbrido BR 800, sendo que o híbrido CMSX156A * Tx2785 foi inferior ($P < 0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Para o balanço de nitrogênio (N retido e Nret/UTM), não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados, sendo que os valores variaram de 6,75 a 9,46 g/dia e 0,37 a 0,57 g/dia por kg^{0,75}, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr.

Consumo restrito à manutenção de Nitrogênio

Os valores de consumo de proteína bruta por unidade de tamanho metabólico (CPBUTM) variaram de 10,25 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 12,98 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que para este parâmetro, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi superior ($P < 0,05$) aos demais, e o BR 800 foi superior ($P < 0,05$) ao CMSX156A * Tx2785. Para o parâmetro consumo de N, não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos, e os valores encontrados variaram de 28,32 a 33,49 g/dia, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr. Para a excreção fecal de

nitrogênio, não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos, e a variação observada foi 7,16 a 9,21 g/dia, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr. A variação observada para a excreção urinária de nitrogênio foi de 15,16 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 19,23 g/dia para o híbrido BR 800. Para este parâmetro, o híbrido CMSX156A * Tx2785 foi inferior ($P<0,05$) ao híbrido BR 800 e o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr não diferiu ($P>0,05$) dos demais. Para o balanço de nitrogênio (N retido e Nret/UTM), não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados, sendo que os valores variaram de 4,10 a 7,53 g/dia e 0,24 a 0,47 g/dia por $\text{kg}^{0,75}$, respectivamente para os híbridos BR 800 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr.

Consumo ad libitum x restrito à manutenção (Nitrogênio)

Na comparação dos níveis de oferta de alimento, todos os híbridos avaliados apresentaram CPBUTM superiores ($P<0,05$) para a oferta de alimento para consumo *ad libitum*. Os valores médios observados para os três híbridos avaliados para o consumo *ad libitum* foi 13,93 g/dia e para o consumo restrito à manutenção foi 11,58 g/dia. Para o balanço de nitrogênio (N retido e Nret/UTM), não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os consumos avaliados para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr. O híbrido BR 800 apresentou balanço de nitrogênio (N retido e Nret/UTM) superiores ($P<0,05$) para o consumo *ad libitum* em comparação ao consumo restrito à manutenção.

O balanço de nitrogênio é um importante parâmetro, pois indica se o animal apresenta ou não perdas de proteína ou compostos nitrogenados em relação à quantidade de proteína consumida. Todos os híbridos de corte e pastejo apresentaram

balanço positivo de nitrogênio durante os dois períodos experimentais.

Os maiores valores de CPBUTM e N ingerido observados para o híbrido mutante *BMR* em relação ao seu par isogênico normal na oferta de alimento *ad libitum* podem ser justificados pelo maior consumo de matéria seca e maior teor de PB encontrados para o híbrido mutante. Esta maior ingestão de N observada para o material mutante *BMR* promoveu também o aumento da excreção de nitrogênio urinário.

Consumo de FDN

Os valores de consumo de fibra em detergente neutro em g/dia (CFDN) e g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CFDNUTM), digestibilidade aparente da FDN em porcentagem (%) (DFDN) e consumo de FDN digestível em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CFDNDUTM) de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, estão apresentados na Tabela 4.

Consumo ad libitum de FDN

Os valores de consumo voluntário de FDN (CFDN) variaram de 882,19 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 952,74 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o consumo de FDN por unidade de tamanho metabólico (CFDNUTM), o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (56,99 g/dia) foi superior ($P<0,05$) aos demais genótipos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Os valores de digestibilidade da FDN (DFDN) variaram de 76,34 % para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 78,47% para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o consumo de FDN digestível por unidade de tamanho metabólico (CFDNDUTM), o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (44,72 g/dia)

Tabela 4 – Valores médios de consumo de FDN (CFDN) em g/dia, consumo de FDN em g/dia por kg^{0,75} (CFDNUTM), digestibilidade da FDN (DFDN) em porcentagem, consumo de FDN digestível em g/dia por kg^{0,75} (CFDNDUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Híbridos						Média
	BR 800		CMSX156Abmr * Tx2785bmr		CMSX 156A * Tx2785		
<i>ad libitum</i>							
CFDN ^a	914,30	Aa	952,74	Aa	882,19	Aa	916,41
CFDNUTM ^b	52,33	Ba	56,99	Aa	49,55	Ba	52,95 a
DFDN ^c	76,96	Aa	78,47	Aa	76,34	Aa	77,26 a
CFDNDUTM ^d	40,25	Ba	44,72	Aa	37,88	Ba	40,95 a
<i>restrito à manutenção</i>							
CFDN ^a	705,25	Ab	764,37	Ab	752,77	Aa	740,79
CFDNUTM ^b	40,83	Bb	47,38	Ab	43,57	ABb	43,93 b
DFDN ^c	73,57	Ab	74,04	Ab	70,18	Bb	72,60 b
CFDNDUTM ^d	30,03	Bb	35,07	Ab	30,55	Bb	31,88 b

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido no mesmo parâmetro entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$); ^aCV = 13,74%; ^bCV = 7,96%; ^cCV = 3,56%; ^dCV = 8,78%.

foi superior ($P<0,05$) aos demais genótipos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si.

Consumo restrito à manutenção de FDN

Os valores de CFDN variaram de 705,25 g/dia para o híbrido BR 800 a 764,37 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o CFDNUTM, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (47,38 g/dia) foi superior ($P<0,05$) ao híbrido BR 800 (40,83 g/dia), sendo que o híbrido CMSX156A * Tx2785 (43,57 g/dia) não diferiu ($P>0,05$) dos demais híbridos. Para os valores de DFDN, o híbrido CMSX156A * Tx2785 (70,18%) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Para o CFDNDUTM, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (35,07 g/dia) foi superior ($P<0,05$) aos

demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si.

Consumo *ad libitum* x restrito à manutenção (FDN)

Para os parâmetros avaliados CFDN, CFDNUTM, DFDN e CFDNDUTM, os valores médios observados para os três híbridos avaliados foram superiores ($P<0,05$) no consumo *ad libitum*. Os valores médios de CFDN variaram de 916,41 a 740,79 g/dia, os valores médios de CFDNUTM variaram de 52,95 a 43,93 g/dia, os valores DFDN variaram de 77,26% a 72,60% e os valores de CFDNDUTM variaram de 40,95 a 31,88 g/dia, respectivamente para os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção.

O aumento no consumo do alimento normalmente aumenta a taxa de passagem

da digesta pelo trato digestivo e diminui a digestibilidade da matéria seca, bem como das frações fibrosas (Faichney, 1993). No presente experimento, a DFDN foi maior para o consumo *ad libitum* devido à possibilidade de seleção, já que para esta etapa do experimento, a quantidade de alimento oferecido proporcionou 20% de sobras no cocho. Na segunda etapa, a quantidade de alimento oferecido foi restrito à manutenção e grande parte dos animais consumiram todo o alimento oferecido, o que impossibilitou a seleção. De acordo com Araújo Filho (2005) os ovinos apresentam características anatômicas, como tamanho da boca e lábio inferior partido, que possibilitam a seleção de plantas e partes de plantas de melhor valor nutritivo.

Freitas (2002) obteve, para silagem de milho normal, CFDNUTM variando de 25,39 a 31,68 g/ dia e DFDN de 34,96% a 46,04%. Pires (2003) obteve, para silagem de sorgo normal, um CFDNUTM que variou de 14,27 a 24,47 g/dia e DFDN de 40,95% a 66,64%. Guimarães Jr. (2006) observou, para silagens de milho normal, valores médios de DFDN de 39,76% e CFDNUTM de 10,71 g/dia. Os valores observados no presente trabalho foram superiores aos encontrados na literatura para outras forrageiras. Isto se deve a forma ideal de utilização deste material com corte ainda jovens, plantas com baixo teor de matéria seca e pouco lignificada. A alta qualidade da fibra dos híbridos avaliados demonstram o alto potencial da cultura de sorgo de corte e pastejo para a suplementação de ruminantes.

Ebling e Kung Jr. (2004) compararam o valor nutricional de híbridos de milho normais e mutantes *BMR* para a produção de silagem e observaram digestibilidade da FDN de 54% para o híbrido *BMR* e de 39,9% que para o híbrido normal. Oliver et al. (2005) avaliaram o efeito da inclusão de dois diferentes genes mutantes *BMR* (*bmr-6*

e *bmr-12*) sobre o valor nutricional de cinco diferentes cultivares de sorgo. A DIVFDN foi afetada pelos genes *bmr*, sendo que tanto os genótipos *bmr-6* e *bmr-12* apresentaram maior DIVFDN que os normais. Para o *bmr-12*, a maior digestibilidade pode ser justificada pela menor concentração de lignina. Para o *bmr-6*, que apresentou mesma concentração de lignina que os normais, a digestibilidade pode ser justificada por alteração na composição da lignina.

Mais recentemente, a digestibilidade da FDN foi identificada como um importante parâmetro de qualidade, e que este é altamente variável entre forrageiras e tem efeitos significativos sobre a produtividade de vacas leiteiras (Oba e Allen, 2005). No presente trabalho, o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr (4,40%) apresentou um maior teor de lignina quando comparado com seu híbrido isogênico normal CMSX156A * Tx2785 (3,35%), porém, a digestibilidade da FDN foi superior para o material mutante no consumo restrito à manutenção. De acordo com Barrière et al. (2004), a mutação *BMR* provoca variação na estrutura das ligninas e interfere na sua capacidade de ligação com os componentes da parede celular. Estas variações na estrutura da lignina e no processo de lignificação da planta vão promover efeitos variáveis sobre a degradação dos carboidratos e aproveitamento pelos animais (Ralph et al., 2004).

Consumo de FDA

Os valores de consumo de fibra em detergente ácido em g/dia (CFDA) e g/dia por kg^{0,75} (CFDAUTM), digestibilidade aparente da FDA em porcentagem (%) (DFDA) e consumo de FDA digestível em g/dia por kg^{0,75} (CFDADUTM) de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios de consumo de FDA (CFDA) em g/dia, consumo de FDA em g/dia por kg^{0,75} (CFDAUTM), digestibilidade da FDA (DFDA) em porcentagem, consumo de FDA digestível em g/dia por kg^{0,75} (CFDADUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Híbridos			Média
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX 156A * Tx2785	
<i>ad libitum</i>				
CFDA ^a	484,33 Aa	522,70 Aa	474,25 Aa	493,76
CFDAUTM ^b	27,72 Ba	31,28 Aa	26,61 Ba	28,54 a
DFDA ^c	77,02 Aa	78,55 Aa	76,95 Aa	77,50 a
CFDADUTM ^d	21,33 Ba	24,58 Aa	20,54 Ba	22,15 a
<i>restrito à manutenção</i>				
CFDA ^a	373,00 Ab	420,26 Ab	408,49 Aa	400,58
CFDAUTM ^b	21,60 Bb	26,05 Ab	23,64 ABb	23,76 b
DFDA ^c	71,45 Ab	74,13 Ab	66,57 Bb	70,71 b
CFDADUTM ^d	15,42 Bb	19,31 Ab	15,71 Bb	16,81 b

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido no mesmo parâmetro entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($P>0,05$); ^aCV = 14,07%; ^bCV = 8,36%; ^cCV = 4,20%; ^dCV = 10,12%.

Consumo *ad libitum* de FDA

Os valores de consumo voluntário de FDA (CFDA) variaram de 474,25 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 522,70 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o consumo de FDA por unidade de tamanho metabólico (CFDAUTM), o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (31,28 g/dia) foi superior ($P<0,05$) aos demais genótipos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Os valores de digestibilidade da FDA (DFDA) variaram de 76,95% para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 78,55% para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o consumo de FDA digestível por unidade de tamanho metabólico (CFDADUTM), o híbrido

CMSX156Abmr * Tx2785bmr (24,58 g/dia) foi superior ($P<0,05$) aos demais genótipos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si.

Consumo restrito à manutenção de FDA

Os valores de CFDA variaram de 373,00 g/dia para o híbrido BR 800 a 420,26 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o CFDAUTM, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (26,05 g/dia) foi superior ($P<0,05$) ao híbrido BR 800 (21,60 g/dia), sendo que o híbrido CMSX156A * Tx2785 (23,64 g/dia) não diferiu ($P>0,05$) dos demais híbridos. Para os valores de DFDA, o híbrido CMSX156A * Tx2785 (66,57%) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Para o CFDADUTM, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr

(19,31 g/dia) foi superior ($P < 0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si.

Consumo ad libitum x restrito à manutenção (FDA)

Apenas para o híbrido normal CMSX156A * Tx2785 o CFDA *ad libitum* foi semelhante ($P > 0,05$) ao CFDA restrito à manutenção. Os demais híbridos apresentaram maior CFDA para o consumo *ad libitum*. Para os demais parâmetros avaliados, CFDAUTM, DFDA e CFDADUTM, os valores médios observados para os três híbridos avaliados foram superiores ($P < 0,05$) no consumo *ad libitum*. Os valores médios de CFDA variaram de 474,25 a 408,49 g/dia, os valores médios de CFDAUTM variaram de 26,61 a 23,64 g/dia, os valores DFDA variaram de 76,95% a 66,57% e os valores de CFDADUTM variaram de 20,54 a 15,71 g/dia, respectivamente para os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção. Assim como para a FDN, a DFDA foi superior para a primeira etapa do experimento quando os animais tiveram a possibilidade de selecionar frações da planta com melhor valor nutricional. A DFDA foi 6,79 pontos percentuais maior no consumo *ad libitum* do que no consumo restrito, demonstrando a habilidade dos carneiros em selecionar frações do alimento de melhor valor nutricional.

Ribas et al. (2007) observaram, para silagens de quatro híbridos de milho normais, valores médios de CFDAUTM de 16,6 g/dia e de DFDA de 54,7%. Mizubuti et al. (2002) obteve, para silagem de milho, sorgo e girassol, um CFDAUTM que variou de 27,33 a 36,57 g/dia e DFDA de 48,61% a 64,45%. Guimarães Jr. (2006) observou, para silagens de milho normal, valores médios de DFDA de 40,25% e CFDADUTM de 6,81 g/dia. Os valores observados no presente trabalho foram superiores aos encontrados na literatura para outras forrageiras.

Consumo de Hemiceluloses

Os valores de consumo voluntário de hemiceluloses em g/dia (CHCEL) e g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CHCELUTM), digestibilidade aparente da hemiceluloses em porcentagem (%) (DHCEL) e consumo de HCEL digestível em g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CHCELDUTM) de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante BMR, estão apresentados na Tabela 6.

Consumo ad libitum de HCEL

Os valores de consumo voluntário de hemiceluloses (CHCEL) variaram de 407,94 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 430,04 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o consumo de hemiceluloses por unidade de tamanho metabólico (CHCELUTM), o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (25,71 g/dia) foi superior ($P < 0,05$) ao híbrido CMSX156A * Tx2785 (22,94 g/dia), sendo que o híbrido BR 800 (24,61 g/dia) não diferiu ($P > 0,05$) dos demais híbridos. Os valores de digestibilidade aparente das hemiceluloses (DHCEL) variaram de 75,61% para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 78,40% para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Para o consumo de hemiceluloses digestíveis por unidade de tamanho metabólico (CHCELDUTM), o híbrido CMSX156A * Tx2785 (17,34 g/dia) foi inferior ($P < 0,05$) aos demais genótipos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si.

Consumo restrito à manutenção de HCEL

Os valores de CHCEL variaram de 332,25 g/dia para o híbrido BR 800 a 344,28 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Os valores de CHCELUTM variaram de 19,24 a 21,33

Tabela 6 – Valores médios de consumo de hemiceluloses (CHCEL) em g/dia, consumo de hemiceluloses em g/dia por kg^{0,75} (CHCELUTM), digestibilidade das hemiceluloses (DHCEL) em porcentagem e consumo de hemiceluloses digestível em g/dia por kg^{0,75} (CHCELDUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Híbridos			Média
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX156A * Tx2785	
<i>ad libitum</i>				
CHCEL ^a	429,97 Aa	430,04 Aa	407,94 Aa	422,65 a
CHCELUTM ^b	24,61 ABa	25,71 Aa	22,94 Ba	24,42 a
DHCEL ^c	76,90 Aa	78,40 Aa	75,61 Aa	76,97
CHCELDUTM ^d	18,92 Aa	20,13 Aa	17,34 Ba	18,80 a
<i>restrito à manutenção</i>				
CHCEL ^a	332,25 Ab	344,11 Ab	344,28 Ab	340,21 b
CHCELUTM ^b	19,24 Ab	21,33 Ab	19,94 Ab	20,17 b
DHCEL ^c	75,96 Aa	73,94 Ab	74,46 Aa	74,79
CHCELDUTM ^d	14,60 Ab	15,76 Ab	14,84 Ab	15,07 b

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido no mesmo parâmetro entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$); ^aCV = 13,44%; ^bCV = 7,61%; ^cCV = 3,84%; ^dCV = 7,77%.

g/dia, respectivamente para os híbridos BR 800 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos. Os valores de DHCEL variaram de 73,94% para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr a 75,96 g/dia para o híbrido BR 800, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos. Os valores de CHCELDUTM variaram de 14,60 a 15,76 g/dia, respectivamente para os híbridos BR 800 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos.

Consumo ad libitum x restrito à manutenção (HCEL)

Apenas para o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr a DHCEL *ad libitum* foi superior ($P<0,05$) ao DHCEL restrito à manutenção. Os demais híbridos

apresentaram DHCEL semelhantes ($P>0,05$) entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção. Para os demais parâmetros avaliados, CHCEL, CHCELUTM e CHCELDUTM, os valores médios observados para os três híbridos avaliados foram superiores ($P<0,05$) no consumo *ad libitum*. Os valores médios de CHCEL variaram de 422,65 a 340,21 g/dia, os valores médios de CHCELUTM variaram de 24,42 a 20,17 g/dia, os valores DHCEL variaram de 76,97% a 74,79% e os valores de CHCELDUTM oscilaram de 17,34 a 14,84 g/dia, respectivamente para os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção.

Freitas (2002) observou, para silagens de híbridos milho normais, valores de CHCELUTM variando de 11,28 a 16,19 g/dia e de DHCEL variando de 37,26% a 48,88%. Pires (2003) obteve, para silagem

de sorgo um CHCELUTM que variou de 6,26 a 10,93 g/dia e DHCEL de 43,11% a 65,21%. Guimarães Jr. (2006) observou, para silagens de milho normal, valores médios de DHCEL de 38,89% e CHCELUTM de 3,89 g/dia. Os valores observados no presente trabalho foram superiores aos encontrados na literatura para outras forrageiras. Assim como os dados de FDN e FDA, as hemiceluloses dos híbridos avaliados apresentaram alta digestibilidade por se tratar de plantas ainda jovens.

Consumo de Celulose

Os valores de consumo voluntário de celulose em g/dia (CCEL) e g/dia por kg^{0,75} (CCELUTM), digestibilidade da celulose em porcentagem (%) (DCEL) e consumo de celulose digestível em g/dia por kg^{0,75} (CCELDUTM) de três híbridos de sorgo

com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, estão apresentados na Tabela 7.

Consumo ad libitum de CEL

Os valores de consumo voluntário de celulose (CCEL) variaram de 431,55 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 449,96 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença (P>0,05) entre os híbridos avaliados. Para o consumo de celulose por unidade de tamanho metabólico (CCELUTM), o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (26,93 g/dia) foi superior (P<0,05) ao híbrido CMSX156A * Tx2785 (24,21 g/dia), sendo que o híbrido BR 800 (24,80 g/dia) não diferiu (P>0,05) dos demais. Os valores de digestibilidade da celulose (DCEL) variaram de 81,78 % para o híbrido BR 800 a 83,22% para o híbrido CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença (P>0,05) entre os

Tabela 7 – Valores médios de consumo de celulose (CCEL) em g/dia, consumo de celulose em g/dia por kg^{0,75} (CCELUTM), digestibilidade das hemiceluloses (DCEL) em porcentagem e consumo de celulose digestível em g/dia por kg^{0,75} (CCELDUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Híbridos			Média
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX 156A * Tx2785	
<i>ad libitum</i>				
CCEL ^a	433,29 Aa	449,96 Aa	431,55 Aa	438,27
CCELUTM ^b	24,80 ABa	26,93 Aa	24,21 Ba	25,31
DCEL ^c	81,78 Aa	82,05 Aa	83,22 Aa	82,35
CCELDUTM ^d	20,27 Aa	22,11 Aa	20,20 Aa	20,86
<i>restrito à manutenção</i>				
CCEL ^a	333,59 Bb	364,27 ABb	413,01 Aa	370,29
CCELUTM ^b	19,31 Bb	22,58 Ab	23,98 Aa	21,96
DCEL ^c	78,23 Ab	78,91 Aa	76,73 Ab	77,96
CCELDUTM ^d	15,10 Bb	17,81 Ab	18,40 Aa	17,10

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK (P>0,05). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido no mesmo parâmetro entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK (P>0,05); ^aCV = 13,56%; ^bCV = 8,06%; ^cCV = 3,61%; ^dCV = 9,60%.

híbridos. Os valores de consumo de celulose digestível por unidade de tamanho metabólico (CCELDUTM) variaram de 20,20 a 22,11 g/dia, respectivamente para o híbrido CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados.

Consumo restrito à manutenção de CEL

Para o CCEL, o híbrido CMSX156A * Tx2785 (413,01 g/dia) foi superior ($P<0,05$) ao híbrido BR 800 (333,59 g/dia), sendo que o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (364,27 g/dia) não diferiu ($P>0,05$) dos demais. Para o CCELUTM, o híbrido BR 800 (19,31 g/dia) foi inferior ($P<0,05$) aos demais híbridos, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. Os valores de DCEL variaram de 76,73% para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 78,91% para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados. Os valores de CCELDUTM variaram de 15,10 a 18,40 g/dia, respectivamente para os híbridos BR 800 e CMSX156A * Tx2785, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos avaliados.

Consumo ad libitum x restrito à manutenção (CEL)

Apenas para o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr a DCEL para o consumo *ad libitum* foi semelhante ($P>0,05$) ao DCEL para o consumo restrito à manutenção. Os demais híbridos apresentaram DCEL superior ($P<0,05$) para o consumo *ad libitum*. Para os demais parâmetros avaliados, CCEL, CCELUTM e CCELDUTM, o híbrido normal CMSX156A * Tx2785 apresentou valores semelhantes entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção. Os demais híbridos, para os mesmos parâmetros, apresentaram maiores valores para o consumo *ad libitum*. Os valores médios de CCEL variaram de

438,27 a 370,29 g/dia, os valores médios de CCELUTM variaram de 25,31 a 21,96 g/dia, os valores DCEL variaram de 82,35% a 77,96% e os valores de CCELDUTM variaram de 20,86 a 17,10 g/dia, respectivamente para os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção.

Ribas (2006) observou, para silagens de híbridos milho normais, valores de CCELUTM variando de 11,87 a 16,63 g/dia e de DHCEL variando de 42,75% a 66,59%. Pires (2003) obteve, para silagem de sorgo um CCELUTM que variou de 6,31 a 9,08 g/dia e DCEL de 39,70% a 66,35%. Guimarães Jr. (2006) observou, para silagens de milho normal, valores médios de DCEL de 43,53% e CCELDUTM de 6,95 g/dia. Os valores observados no presente trabalho foram superiores aos encontrados na literatura para outras forrageiras.

Consumo de Lignina

Os valores de consumo voluntário de lignina em g/dia (CLIG) e g/dia por $\text{kg}^{0,75}$ (CLIGUTM) de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, estão apresentados na Tabela 8.

Consumo ad libitum de LIG

Para o consumo voluntário de lignina (CLIG) o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (73,96 g/dia) foi superior ($P<0,05$) aos demais genótipos, que apresentaram diferença ($P<0,05$) entre si. O CLIG do híbrido BR 800 (51,04 g/dia) foi superior ($P<0,05$) ao do híbrido CMSX156A * Tx2785 (42,70 g/dia). O consumo de lignina por unidade de tamanho metabólico (CLIGUTM) apresentou a mesma tendência que o CLIG, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (4,43 g/dia) foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos, sendo que o híbrido BR 800 (2,92 g/dia) foi superior ($P<0,05$) ao CMSX156A * Tx2785 (2,40 g/dia).

Tabela 8 – Valores médios de consumo de lignina (CLIG) em g/dia e consumo de lignina em g/dia por kg^{0,75} (CLIGUTM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Híbridos			Média
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX 156A * Tx2785	
<i>ad libitum</i>				
CLIG ^a	51,04 Ba	73,96 Aa	42,70 Ca	55,90
CLIGUTM ^b	2,92 Ba	4,43 Aa	2,40 Ca	3,25
<i>restrito à manutenção</i>				
CLIG ^a	39,41 Bb	55,98 Ab	38,54 Ba	44,64
CLIGUTM ^b	2,28 Bb	3,47 Ab	2,23 Ba	2,66

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido no mesmo parâmetro entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$); ^aCV = 13,56%; ^bCV = 8,06%.

Consumo restrito à manutenção de LIG

Para o CLIG, o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (55,98 g/dia) foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados, que não diferiram ($P>0,05$) entre si. O CLIGUTM apresentou a mesma tendência que o CLIG. Os valores de CLIGUTM variaram de 2,23 g/dia para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 3,47 g/dia para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, que foi superior ($P<0,05$) aos demais híbridos avaliados.

Consumo *ad libitum* x restrito à manutenção (LIG)

Apenas para o híbrido normal CMSX156A * Tx2785 a CLIG e a CLIGUTM foram semelhantes ($P>0,05$) nos consumo *ad libitum* e restrito à manutenção. Os demais híbridos apresentaram CLIG e CLIGUTM superiores ($P<0,05$) para o consumo *ad libitum*. Os valores médios de CLIG variaram de 55,90 a 44,64 g/dia, os valores médios de CLIGUTM variaram de 3,25 a 2,66 g/dia, respectivamente para os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção.

Apesar do maior consumo de lignina observado para o material mutante *bmr-6* CMSX156Abmr * Tx2785bmr, não foi observado efeito deletério desta fração sobre a digestibilidade das frações fibrosas da planta. O a mutação *bmr-6* provoca redução da atividade da enzima cinamil álcool desidrogenase (CAD), afetando assim a composição do polímero da lignina (Palmer et al. 2008). Como consequência desta alteração, tem sido observada a incorporação de cinamil aldeído que é um substrato da enzima CAD no processo de síntese da lignina, o que altera o processo de lignificação da planta e a associação com os carboidratos estruturais (Saballos et al. 2008).

Consumo de energia

Os valores de consumo de energia bruta em Kcal/dia por kg^{0,75} (CEB), digestibilidade aparente da energia bruta (%) (DAEB), consumo de energia digestível em Kcal/dia por kg^{0,75} (CED), consumo de energia metabolizável em Kcal/dia por kg^{0,75} (CEM), teor de energia digestível em Kcal/gMS (ED) e energia metabolizável em

Kcal /gMS (EM) de três híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, estão apresentados na Tabela 9.

Consumo ad libitum de energia

Para o consumo voluntário de energia bruta por unidade de tamanho metabólico (CEB), o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (397,03 Kcal/dia) foi superior (P<0,05) aos demais genótipos, que apresentaram diferença (P<0,05) entre si. O CEB do híbrido BR 800 (358,87 Kcal/dia) foi superior (P<0,05) ao do híbrido CMSX156A * Tx2785 (316,72 Kcal/dia). Os valores de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) variaram de 66,36% para o híbrido CMSX156A * Tx2785 a 68,13% para o

híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença (P>0,05) entre os híbridos. Para o consumo de energia digestível por unidade de tamanho metabólico (CED), o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr (271,90 Kcal/dia) foi superior (P<0,05) ao híbrido CMSX156A * Tx2785 (210,62 Kcal/dia), sendo que o híbrido BR 800 (241,65 Kcal/dia) não diferiu (P>0,05) dos demais. Os valores de consumo de energia metabolizável por unidade de tamanho metabólico (CEM) variaram de 203,45 a 263,68 Kcal/dia, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que para esta variável, o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi superior

Tabela 9 - Valores médios de consumo de energia bruta em Kcal/dia por kg^{0,75} (CEB), digestibilidade aparente da energia bruta em % (DAEB), consumo de energia digestível em Kcal/dia por kg^{0,75} (CED), consumo de energia metabolizável em Kcal/dia por kg^{0,75} (CEM), energia digestível em Kcal/gMS (ED) e energia metabolizável em Kcal/gMS (EM) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Híbridos			Média
	BR 800	CMSX156Abmr * Tx2785bmr	CMSX 156A * Tx2785	
<i>ad libitum</i>				
CEB ^a	358,87 Ba	397,03 Aa	316,72 Ca	357,54 a
DAEB ^b	67,34 Aa	68,13 Aa	66,36 Aa	67,28 a
CED ^c	241,65 ABa	271,90 Aa	210,62 Ba	241,39
CEM ^d	229,93 Ba	263,68 Aa	203,45 Ba	232,35
ED ^e	2,90 Aa	2,85 Aa	2,76 Aa	2,84 a
EM ^f	2,76 Aa	2,77 Aa	2,67 Aa	2,73 a
<i>restrito à manutenção</i>				
CEB ^a	279,86 Bb	328,87 Ab	282,49 Bb	297,07 b
DAEB ^b	68,12 Aa	71,34 Aa	68,32 Aa	69,26 a
CED ^c	190,62 Bb	234,56 Ab	192,84 Ba	206,00
CEM ^d	178,93 Bb	226,12 Ab	184,29 Ba	196,45
ED ^e	2,92 Aa	2,98 Aa	2,85 Aa	2,92 a
EM ^f	2,74 Aa	2,87 Aa	2,72 Aa	2,78 a

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK (P>0,05). Letras minúsculas, na mesma coluna, comparam o mesmo híbrido no mesmo parâmetro entre os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK (P>0,05); ^aCV = 7,73%; ^bCV = 6,73%; ^cCV = 11,87%; ^dCV = 12,51%; ^eCV = 6,74%; ^fCV = 7,28%.

($P < 0,05$) aos demais híbridos que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Para o teor de energia digestível (ED) e o teor de energia metabolizável (EM), não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Os valores de ED variaram de 2,76 a 2,90 Kcal/gMS, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e BR 800, enquanto que os valores de EM variaram de 2,67 a 2,77 Kcal/gMS, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr.

Consumo restrito à manutenção de energia

Os valores de CEB variaram de 279,86 a 328,87 Kcal/dia, respectivamente para os híbridos BR 800 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que para esta variável, o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr foi superior ($P < 0,05$) aos demais híbridos que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Os valores de DAEB variaram de 68,12% para o híbrido BR 800 a 71,34% para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr, sendo que não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos. Os valores de CED e CEM variaram, respectivamente, de 190,62 a 234,56 Kcal/dia e 178,93 a 226,12 Kcal/dia, sendo que os menores valores, em ambos os parâmetros, foram observados para o híbrido BR 800, enquanto que os maiores valores foram observados para o CMSX156Abmr * Tx2785bmr. Para o teor de ED e EM, não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. Os valores de ED variaram de 2,85 a 2,98 Kcal/gMS, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr, enquanto que os valores de EM variaram de 2,72 a 2,87 Kcal/gMS, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr.

Consumo ad libitum x restrito à manutenção (energia)

Para os parâmetros DAEB, ED e EM, não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os valores observados para dos três híbridos nos consumos *ad libitum* e restrito à manutenção. Para o CEB, os valores dos três híbridos avaliados foram superiores ($P < 0,05$) no consumo *ad libitum* em comparação ao consumo restrito à manutenção. Para os CED e CEM, os híbridos BR 800 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr apresentaram valores inferiores ($P < 0,05$) para o consumo restrito à manutenção em comparação ao consumo *ad libitum*, enquanto que para o híbrido CMSX156A * Tx2785 não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os níveis de consumo. Os valores médios de CEB variaram de 297,07 a 357,54 Kcal/dia, os valores médios de CED variaram de 206,00 a 241,39 Kcal/dia, os valores médios de CEM variaram de 196,45 a 232,35 Kcal/dia, respectivamente para os consumos restrito à manutenção e *ad libitum*. Para estes parâmetros, os valores médios observados para o consumo *ad libitum* foram superiores ($P < 0,05$) aos observados para o consumo restrito à manutenção. Os valores médios de DAEB variaram de 67,28% a 69,26%, os valores médios de ED variaram de 2,84 a 2,92 Kcal/gMS, os valores médios de EM variaram de 2,73 a 2,78 Kcal/gMS, respectivamente para os consumos *ad libitum* e restrito à manutenção.

Os maiores valores de CED e CEM observados em ambos os níveis de consumo para o híbrido mutante *BMR* em comparação ao seu par isogênico demonstram o maior valor nutricional e maior capacidade que o híbrido mutante *BMR* terá em fornecer energia para os ruminantes.

Calorimetria indireta

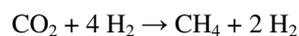
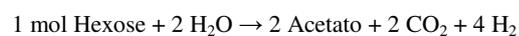
Os valores de produção de metano (CH₄) em L/dia e em L/dia por kg^{0,75}, gás carbônico (CO₂) em L/dia e em L/dia por

kg^{0,75}, consumo de oxigênio (O₂) em L/dia e em L/dia por kg^{0,75}, produção de calor (PC) em Kcal/dia e em Kcal/dia por kg^{0,75}, incremento calórico (IC) em Kcal/Kg de MS, e coeficiente respiratório (CR) dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, estão apresentados na tabela 10. Como não houve repetição suficiente, não foi realizada comparação de médias, sendo feita apenas a apresentação e análise descritiva de resultados, e os mesmos foram utilizados para o cálculo dos valores de energia líquida, apresentados na tabela 11, em conjunto com os resultados do experimento de consumo e digestibilidade aparente.

Os valores de produção de CH₄ em L/dia e em L/dia por kg^{0,75} variaram, respectivamente, de 17,84 a 25,24 L/dia e 1,06 a 1,57 L/dia por kg^{0,75}, sendo que os menores valores foram observados para o híbrido CMSX156A * Tx2785 e os maiores valores para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr. Os valores de produção de CO₂ em L/dia e em L/dia por kg^{0,75} variaram, respectivamente, de 434,60 a 546,85 L/dia e 26,03 a 33,35 L/dia por kg^{0,75}, sendo que os menores valores foram observados para o híbrido CMSX156A *

Tx2785 e os maiores valores para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr. Os valores de consumo de O₂ em L/dia e em L/dia por kg^{0,75} variaram, respectivamente, de 467,04 a 589,66 L/dia e 27,96 a 35,84 L/dia por kg^{0,75}, sendo que os menores valores foram observados para o híbrido CMSX156A * Tx2785 e os maiores valores para o híbrido CMSX156Abmr * Tx2785bmr.

As reações estequiométricas da fermentação das hexoses foram descritas por Hungate (1996):



O gás CH₄ é produzido principalmente quando o substrato é fermentado à acetado e butirato (Sarwar et al., 1992; Getachew et al., 1998), sendo que a fermentação de carboidratos fibrosos resultam em maior proporção de acetado do que carboidratos não fibrosos (Moss, 1994; Wilkerson et al., 1995). Neste contexto, os maiores valores de produção de CH₄ encontrados para o

Tabela 10 - Valores médios de produção de metano (CH₄) em L/dia e em L/dia por kg^{0,75}, produção de dióxido de carbono (CO₂) em L/dia e L/dia por kg^{0,75}, consumo de oxigênio (O₂) em L/dia e L/dia por kg^{0,75}, produção de calor (PC) em Kcal/dia e Kcal/dia por Kg^{0,75}, incremento calórico (IC) em Kcal/ por kg de MS e coeficiente respiratório (CR) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*.

Parâmetros	BR 800		CMSX156Abmr * Tx2785bmr		CMSX 156A * Tx2785	
	dia	dia/kg ^{0,75}	dia	dia/kg ^{0,75}	dia	dia/kg ^{0,75}
CH ₄ (L)	19,16	1,15	25,24	1,57	17,84	1,06
CO ₂ (L)	453,29	27,34	546,85	33,35	434,60	26,03
O ₂ (L)	494,31	29,86	589,66	35,84	467,04	27,96
PC (Kcal/dia)	1630,3	98,4	2923,0	177,8	1545,5	92,5
IC (Kcal/kg de MS)		0,82		1,05		1,08
CR		0,92		0,94		0,93

híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr podem ser justificados pelo maior consumo de FDN e FDA digestíveis, observados para este material.

Castro (2008) encontrou valores de produção de CH₄ variando de 0,58 a 0,79 L/kg^{0,75} para ovinos alimentados com silagem de capim Tanzânia colhido com 63, 84 e 107 dias. Os valores encontrados por este autor são inferiores ao do presente trabalho, porém, para um menor nível de consumo de matéria seca. O consumo médio de MS observado por este autor foi de 58,07 g/kg^{0,75}.

O total de energia produzido por um animal na forma de calor pode ser calculado a partir das medições de consumo de O₂ e produção de CO₂ e CH₄ associado com os valores de excreção de nitrogênio pela urina (Chwalibog, 2004). Os valores de perda de energia por produção de calor variaram de 92,5 a 177,8 Kcal/dia por kg^{0,75}, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e 156Abmr * Tx2785bmr. Apesar da maior perda de energia observada para o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr, o incremento calórico deste híbrido (1,05 Kcal/Kg de MS) foi semelhante ao do seu par isogênico normal CMSX156A * Tx2785 (1,08 Kcal/Kg de MS). Desta forma, a maior produção de calor observada para o material mutante *BMR* se deve ao maior consumo de MS e carboidratos digestíveis, e não à menor eficiência de utilização da energia.

Para a obtenção de energia durante os processos metabólicos ocorre consumo de O₂ com produção de CO₂, sendo que tal relação é expressa pelo coeficiente respiratório (CR) (Chwalibog, 2004). Este valor é uma referência ao substrato metabólico utilizado, sendo que valores de CR próximo a 1,0 seriam para carboidratos, 0,8 para proteína e 0,7 para gorduras (Kleiber, 1972). Os CR observados no

presente experimento variaram de 0,92 a 0,94, respectivamente para os híbridos BR 800 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr. Todos os híbridos avaliados, para o nível de consumo adotado, apresentaram CR entre 0,9 e 1,0 que são considerados normais para animais em manutenção tendo carboidratos como principais substratos energéticos.

Castro (2008) observou valores de CR variando de 1,03 a 1,14, para ovinos alimentados com silagem de capim Tanzânia colhido com 63, 84 e 107 dias. De acordo com o autor, os valores de CR superiores a 1,0 podem ser justificados pelo consumo de volumoso que foi *ad libitum*.

Os valores de consumo de energia líquida em Kcal/dia por kg^{0,75} (CEL), energia líquida em Kcal/kg (EL), metabolizibilidade da energia bruta (q_m) e a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*, estão apresentados na tabela 11.

Os valores de consumo de energia líquida (CEL) observados foram 123,08; 156,10 e 170,33 Kcal/dia por kg^{0,75}, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785, BR 800 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr. Para energia líquida (EL), os valores encontrados foram 1,46; 1,64 e 1,85 Kcal/g de MS, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785, CMSX156Abmr * Tx2785bmr e BR 800. Os valores de metabolizibilidade da energia bruta (q_m) variaram de 60,77% a 64,19%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX156Abmr * Tx2785bmr. Para a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m), os valores encontrados variaram de 57,26% a 69,44%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e BR 800.

Os valores observados no presente trabalho são superiores aos encontrados por Castro

Tabela 11 - Valores médios de consumo de energia líquida (CEL) em Kcal/dia por kg^{0,75}, energia líquida (EL) em Kcal/g de MS, metabolizabilidade de energia bruta (q_m) e eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) para híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutante *BMR*.

Híbridos	CEL	EL	q _m	k _m
BR 800	156,10	1,85	61,88	69,44
CMSX156Abmr*Tx2785bmr	170,33	1,64	64,19	61,57
CMSX156A*Tx2785	123,08	1,46	60,77	57,26
Média	149,84	1,65	62,28	62,76

(2008) para EL e q_m que avaliou silagens de capim Tanzânia em diferentes idades de corte. Os valores médios observados por este autor foram de 1,34 Kcal/g de MS, 44,6% e 66,0%, respectivamente para EL, q_m e k_m.

Na comparação do par de híbridos isogênicos, é possível observar que a mutação *BMR* promoveu o aumento do CEL, do teor de EL, da q_m e do k_m do genótipo de sorgo de corte e pastejo avaliado. Quando são comparados o híbrido normal BR 800 e o híbrido mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr, é possível observar uma menor k_m para o genótipo mutante. Esta redução na eficiência para manutenção pode ser justificada pelo maior consumo de MS e pelo ganho de peso apresentado pelos animais alimentados com este híbrido.

O decréscimo da metabolizabilidade da dieta, quando o nível de consumo é alto, pode ser atribuído ao aumento na taxa de passagem, diminuindo a digestão dos carboidratos, com conseqüente diminuição da digestibilidade e aumento das perdas fecais (Geay, 1984). Desta forma, pode ser observado aumento nos requisitos de manutenção além de diferenças na eficiência de síntese de proteína e gordura.

A eficiência de utilização da energia para ganho é negativamente correlacionada com o conteúdo de fibra na dieta. Tem sido especulado que este comportamento esteja

mais associação ao conteúdo de fibra da dieta e com o tipo de fermentação no rúmen e seus produtos finais, do que devido ao trabalho físico exercido na ruminação e digestão do material fibroso (Black et al., 1987). A fermentação de alimentos ricos em amido, resulta numa grande quantidade de propionato e lactato, ao passo que a fermentação de alimentos ricos em parede celular resulta numa proporção maior de acetato, resultando em redução da eficiência de utilização da energia pelo animal (Blaxter e Wainman, 1964; Fox et al., 2003).

De acordo com Fox et al. (2003), a k_m varia de 57,6% para uma dieta típica para gramíneas temperadas no estágio de final de florescimento com EM de 2,0 Kcal/gMS a 68,6% para grãos de milho com EM de 3,2 Kcal/gMS. No presente trabalho, os híbridos de sorgo com capim-sudão apresentaram em média uma k_m 62,28% para um teor médio de EM de 2,78 Kcal/gMS, valores estes próximos aos sugeridos por Fox et al. (2003) para dieta com silagem de milho (k_m de 65,1% e EM de 2,6 Kcal/gMS).

5.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Para o consumo *ad libitum*, não foi observada diferença entre os híbridos avaliados para as digestibilidades aparentes

da matéria seca, FDN, FDA, hemiceluloses, celulose e energia bruta.

O híbrido de sorgo com capim-sudão mutante CMSX156Abmr * Tx2785bmr destacou-se sobre aos demais híbridos normais por apresentar valores superiores de consumo de matéria seca digestível, de FDN digestível, FDA digestível e energia metabolizável em ambos os níveis de consumo.

Comparado a outras fontes forrageiras, os híbridos de sorgo com capim-sudão podem ser considerados excelentes alimentos volumosos para a suplementação de ruminantes devido ao alto consumo e alta digestibilidade de suas frações fibrosas.

5.6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.71, p.3063-3075, 1996.

ARAÚJO FILHO, J.A. Aspectos Agroecológicos e Zooecológicos da Produção de Caprinos e Ovinos de Corte no Nordeste Brasileiro. IN: CAVALCANTE, A.C.R.; BARROS, N.N. *Sistema de Produção de Caprinos e Ovinos de Corte para o Nordeste Brasileiro*. Sobral – CE: Embrapa Caprinos, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/CaprinoseOvinosdeCorte/CaprinoseOvinosdeCorteNEBrasil/index.htm>>. Acesso em 13/01/2010.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC.

Official methods of analysis. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.

BARRIÈRE, Y.; GONÇALVES, G. D.; EMILE, J. C.; LEFÈVRE, B. Higher intake of DK265 corn silage by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.87, n.5, p.1439-1445, 2004.

BLACK, J.L., GILL, M., BEEVER, D.E. et al. Simulation of the metabolism of absorbed energy-yielding nutrients in young sheep: Efficiency of utilization of lipid and amino acid. *The Journal of Nutrition*, v.117, p.105-115, 1987.

BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition*, v. 19, n.4, p.511-522, 1965.

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. IN: *Proc. 3rd Symp. On Energy Metabolism*, EAAP Publ. N° 11, p. 441-443, 1965.

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.

CASTRO, G.H.F. *Silagem de capim tanzânia (Panicum maximum cv Tanzânia) em diferentes idades*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinário da UFMG. 2008, 125p. (Tese)

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

CHURCH, D.C. *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: O & Books Inc. 1988. 564p.

- CHWALIBOG, A. *Physiological basis of heat production – The fire of life*. Research School of Nutrition and Physiology, 2004.
- FAICHNEY, G.J. Digesta flow. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. England: Commonwealth Agricultural Bureaux, Cambridge University Press, 1993. p.53-85.
- FITZGERALD, J.J. Grass silage as basic feed for store lambs. 1-Effect of wilting, chop length and stage of maturity of grass silage on intake and performance of store lambs. *Grass and Forage Science*, v.51, p.363-377, 1996.
- FONTES, C.A.A. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu. Resultados experimentais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: 1995, p.419-455.
- FORBES, J.M. *The voluntary food intake of farm animals*. Butterworths: Londres, 1986.
- Fox, D.G; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. et al. *Sistema de carboidratos e proteínas líquidos para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS Versão 5.0)*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202p
- FREITAS, G. A. R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (Zea mays L.)*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária da UFMG. 2002, 50p. (Dissertação)
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science*, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S., et al. In vitro gas measuring techniques for assesment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, v.72, p.261-281, 1998.
- GONÇALVES, L.C. *Digestibilidade, composição corporal, exigências nutricionais e características de carcaça de zebuínos, taurinos e bubalinos*. Viçosa, MG: UFV, 1988. (Tese)
- GUIMARÃES JR, R. *Avaliação nutricional de silagens de milho [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.]*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária da UFMG. 2006, 90p. (Tese)
- HUNGATE, R. *The Rumen and Its Microbes*. New York: Academic Press, 1996.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2774–2790, 1995.
- Kleiber, M. *Bioenergia animal: El fuego de la vida*. Zaragoza: Editorial Acribia, 1972, 428p.
- LANNA, D.P.D. *Estimativa da composição química do corpo vazio de tourinhos nelore através da gravidade específica da carcaça e da composição de cortes das costelas*. Piracicaba, SP: ESALQ, 1988. 131p. (Dissertação)
- LI, X.; WENG, J. K.; CHAPPLE, C. Harnessing plant biomass for biofuels and biomaterials - Improvement of biomass through lignin modification. *The Plant Journal*. v.54, p.569–581, 2008.
- MARTINS, R. G. R. *Consumo e digestibilidade aparente da silagens de quatro genótipos de sorgo (Sorghum*

- bicolor* (L.) Moench) em ovinos. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária da UFMG. 2000, 45p. (Dissertação)
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, B.S.; HINTZ, H.F. et al. *Nutrição animal*. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.
- MIR, P.S. Relationships among rate of passage of feed, dry matter intake and chemical components of several diets. *Canadian Journal of Animal Science*, v.71, p.1159–1166, 1991.
- MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA, M.A.; SILVA, L.D.F.; PINTO, A.P.; FERNANDES, W.C.; ROLIM, M.A. Consumo e Digestibilidade Aparente das Silagens de Milho (*Zea mays* L.), Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e Girassol (*Helianthus annuus* L.). *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.1, p.267-272, 2002
- MOLINA, L.R. *Avaliação nutricional de dois genótipos de sorgo colhidos em três estádios de maturação*. Belo Horizonte: UFMG – Escola de Veterinária, 2000. 65p. (Tese)
- MOSS, A.R. Methane production by ruminants – Literature review of I. Dietary manipulation to reduce methane production and II. Laboratory procedures for estimating methane potential of diets. *Nutrition abstracts and reviews (series B)*, v.64, p.785-806, 1994.
- NUNES, I.J. *Nutrição Animal Básica*. Belo Horizonte: Copiadora Breder, 1995. 334p.
- Oba, M.; Allen. M.S. In vitro digestibility of forages. In: *Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference*, Fort Wayne: Indiana, 2005.
- OLIVEIRA, J.I. *Valor nutritivo, em caprinos, do feno de capim Jaraguá (Hyparrhenia rufa), em avançado estágio de maturação, tratado com hidróxido de sódio ou amônia anidra*. 1996. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1996. 85p. (Dissertação)
- PALMER, N.; SATTTLER, S. E.; SAATHOFF, A. J.; FUNNELL, D.; PEDERSEN, J. F. Genetic background impacts soluble and cell wallbound aromatics in brown midrib mutants of sorghum. *Planta*, v.229, p.115–127, 2008.
- PAULINO, M. F.; FONTES, C. A. A.; JORGE, A. M.; QUEIROZ, A. C.; SILVA, J. F. C.; GOMES JÚNIOR, P. Composição corporal e exigências em macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos não-castrados de quatro raças zebuínas. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.3, p.634-641, 1999
- PIRES, D. A. A. *Consumo e digestibilidade aparente em ovinos, de silagens de sorgo (Sorghum bicolor (L.)) com e sem tanino nos grãos*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária da UFMG. 2003, 53p. (Dissertação)
- PIRES, C.C.; FONTES, C.A.A.; GALVÃO, J.G.; QUEIROZ, A.C.; SILVA, J.F.C.; PAULINO, M.F. Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento. III. Exigências de cálcio e fósforo para o ganho. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 22, n. 1, p.133-143, 1993.
- RIBAS, M.N.; GONÇALVES, L.C.; IBRAHIM, G.H.F.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, A.L.C.C.; BORGES, I. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade no grão *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.1, p. 104-115, 2007.
- 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.

RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHICA, M.L.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S. A calorimetry system for metabolism trials. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, v.59, n.2, 2007.

RUSSEL, B. J.; O' CONNOR, J. D.; FOX; D. J., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattles diets: ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.1955-1963, 1992.

SABALLOS, A., VERMERRIS, W.; RIVERA, L.; EJETA, G. Allelic association, chemical characterization and saccharification properties of brown midrib mutants of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Bioenerg.* v.1, p.193-204, 2008.

SALVADOR, M. *Exigências de energia e proteína para engorda de novilhos azebuados*. Viçosa, MG: UFV, 1980. 70p. (Tese)

SARWAR, M., FIRKINS, J.L. EASTRIDGE, M.L. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, p.1533-1542, 1992

SIGNORETTI, R. D.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; ARAÚJO, G. G. L.; CECON, P. R.; QUEIROZ, A. C. Composição corporal e exigências líquidas e dietéticas de macrominerais inorgânicos (Ca, P, Mg, K e Na) de bezerras da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumosos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.1, p.205-213, 1999.

SOARES, J.E. *Composição corporal e exigência nutricional de macrominerais*

(Ca, P, Mg, Na e K) para ganho de peso e em bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos. Viçosa: UFV, 1994. 77p. (Dissertação)

TEIXEIRA, J.C. *Exigências de energia e proteína, composição e área corporal e principais cortes da carcaça em seis grupos genéticos de bovídeos*. Viçosa: UFV, 1984. 94p. (Dissertação)

TINE, M. A.; MCLEOD, K. R.; ERDMAN, R. A.; BALDWIN, R. L. effects of brown midrib corn silage on the energy balance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.84, p.885-895, 2000.

TJARDES, K. E.; BUSKIRK, D. D.; ALLEN, M. S.; AMES, N. K.; BOURQUIN, L. D.; RUST, S. R. Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers. *Journal of Animal Science*, v.78, p.2957-2965, 2000.

VALADARES, R.F.D. *Níveis de proteína em dietas de bovinos: consumo, digestibilidade, eficiência microbiana, amônia ruminal, uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária – UFMG, 1997. 103p. (Dissertação)

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

WILKERSON, V.A.; CASPER, D.P.; MERTENS, D.R. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. *Journal of Dairy Science*, v.78, p.2402-2414, 1995.

CAPÍTULO VI – EXPERIMENTO IV

CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DE HÍBRIDOS DE SORGO COM CAPIM-SUDÃO, NORMAL E MUTANTE - BMR (PORTADORES DE NERVURA MARROM), PELA TÉCNICA *IN VITRO* SEMI-AUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES

6.1. RESUMO

Foi avaliada a cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes BMR, pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, utilizando inóculos de bovinos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas sub-divididas, sendo as médias comparadas pelo teste SNK ($p < 0,05$). Os parâmetros potencial máximo de produção de gases (A), taxa de produção de gases (μ), tempo de colonização (*Lag*) e degradabilidade efetiva para as taxas de passagem de 2%, 5% e 8%/h foram obtidos pelo modelo de France et al. (1993). Para a produção acumulada de gases (PAG), com 96 horas de incubação, o valor médio dos híbridos mutantes BMR foi 234,56 mL/g de MS, enquanto que o valor médio dos híbridos normais foi de 169,32 mL/g de MS. Para a degradabilidade da MS (DMS), com 96 horas de incubação, o valor médio dos híbridos mutantes BMR foi de 82,23%, enquanto que o valor médio dos híbridos normais foi de 75,68%. Para os parâmetros do modelo de France et al. (1993), os potenciais máximos de produção de gases variaram de 163,40 a 228,94 mL/g de MS, respectivamente para a média dos híbridos na versão normal e mutante BMR. As taxas de produção de gases variaram de 0,042 a 0,064 mL/h, respectivamente para a média dos híbridos na versão normal e mutante BMR. Os tempos de colonização variaram de 4hs e 16min a 5hs e 23min, respectivamente para a média dos híbridos na versão mutante BMR e normal. Os resultados indicam que plantas portadoras de nervura marrom, por apresentarem alteração da composição da lignina e no processo de lignificação, tornam-se mais disponíveis ao ataque microbiano, proporcionando uma maior degradação das frações fibrosas no rúmen, o que pode ser confirmado pelos parâmetros avaliados neste trabalho.

Palavras chave: frações fibrosas, nervura marrom, ruminantes, sorgo de corte e pastejo, valor nutricional.

6.2. INTRODUÇÃO

Para forragens, a informação sobre a digestão ruminal é de fundamental importância, devido ao fato de ser este o principal sítio de digestão de alimentos fibrosos, e o conhecimento da disponibilidade dos nutrientes nesse compartimento é fundamental para se estabelecer a quantidade e a proporção de nutrientes necessários para a máxima resposta microbiana (Nocek, 1988).

Por esta razão, o estudo da nutrição dos ruminantes deve envolver a avaliação e interpretação da taxa e da extensão da digestão (Schofield, 2000). Uma das metodologias, atualmente utilizada para este propósito, é a técnica *in vitro* de produção de gases, a qual possibilita a avaliação de grande número de amostras, tem relativo baixo custo e alta repetibilidade. Desta forma, pode ser

utilizada como metodologia para estudos de triagem e de seleção de forrageiras.

De acordo com Tjardes et al. (2000) plantas mutantes BMR apresentam alteração na composição da fração fibrosa. Em comparação com genótipos normais, os híbridos mutantes apresentam redução no teor de FDN, FDA e lignina, com consequente aumento na degradabilidade ruminal das frações fibrosas e aumento do consumo de matéria seca. As taxas de degradação da fibra são normalmente obtidas por métodos gravimétricos, os quais apresentam limitações, por serem laboriosas, não apresentarem boa repetibilidade e não permitirem a determinação das taxas de digestão da fração solúvel dos alimentos (Cabral et al., 2000).

O método *in vitro* de produção de gases pode ser utilizado para a estimativa das taxas de digestão das frações solúveis e insolúveis dos carboidratos (Pell e Schofield, 1993) e fornecer dados para serem usados em modelos nutricionais (Schofield, 2000).

Em uma eficiente e completa avaliação do valor nutritivo dos alimentos, a simples determinação da composição química não é suficiente, devendo ser considerados também os efeitos dos processos de digestão e metabolismo animal. Objetivou-se com este trabalho avaliar e comparar a degradabilidade e a cinética de fermentação ruminal de oito híbridos de sorgo com capim-sudão normais e mutantes BMR, determinados pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases.

6.3. MATERIAL E MÉTODOS

6.3.1. Considerações Gerais

O cultivo e a preparação dos materiais foram realizados nas dependências da

Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas – MG durante o ano agrícola 2005/2006, e o ensaio de digestibilidade pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte – MG durante o mês de outubro de 2007.

6.3.2. Tratamentos e processamento das amostras

Oito híbridos experimentais de sorgo com Capim-sudão (*Sorghum bicolor* L. Moench x *Sorghum Sudanenses* Piper Stapf), sendo quatro pares de híbridos isogênicos, foram cultivados, colhidos e processados conforme descrito no material e métodos do Capítulo III – Experimento I. Os híbridos originados pelos cruzamentos das linhagens CMSX156A * Tx2785; CMSX157A * Tx2784; CMSX157A * Tx2785; CMSX205A * Tx2784, diferenciavam de seu par isogênico apenas pela presença do gene *bmr-6*, conferindo a este o fenótipo com nervura marrom (*BMR: Brown-midrib*).

6.3.3. Procedimento experimental

6.3.3.1. Frascos de fermentação

Para avaliar a degradabilidade desses materiais pela técnica de produção de gases (RPT), a fermentação foi realizada em frascos (160 mL) previamente lavados com água destilada e posteriormente secos em estufa. Visando à manutenção de fermentações anaeróbicas, em todos os frascos foi injetado CO₂ anteriormente à adição do substrato. Foi adicionado a cada frasco 1g de substrato conforme recomendações de Beuvinck e Spoelstra (1992), sendo que foram utilizados três frascos por tratamento (três réplicas para cada uma das amostras).

Foram utilizados três frascos controle para cada 24 frascos que continham substrato. Em cada frasco foram adicionados manualmente 90 mL de meio de cultura (Theodorou *et al.*, 1994). Os frascos então foram vedados com rolhas de borracha (14 mm) garantindo a completa manutenção de gases em seu interior. Essas atividades foram realizadas no dia anterior à inoculação. Para evitar qualquer tipo de fermentação os frascos foram mantidos à 4°C durante a noite. Cinco horas antes da inoculação (7h) os frascos foram removidos da geladeira para estufa a 39°C. Foram também utilizados frascos contendo somente líquido ruminal e meio de cultura (Buffer) como controle, ou seja, a produção de gás oriunda do conteúdo ruminal foi descontada da produção total.

6.3.3.2. Preparo do meio de cultura

O meio de cultura utilizado neste experimento foi preparado de acordo com recomendações de Theodorou *et al.* (1994). O meio é composto por solução macromineral (9,5 g/L de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 6,2 g/L de KH_2PO_4 e 0,6 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), solução micromineral (132 g/L de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 100 g/L de $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 10 g/L de $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e 80 g/L de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) solução tampão (4 g/L de NH_4CO_3 e 35 g/L de NaHCO_3), indicador (0,01 g/L de Rezasurina) e agente redutor (625 mg de HCl Cisteína, 95 mL água destilada, 4mL de NaOH 1 M e 625 mg de $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$). As soluções foram misturadas na seguinte ordem e proporções: 500 mL de água destilada, 200 mL de solução tampão, 200 mL solução macromineral, 0,1 mL de solução micromineral e 1 mL de solução indicadora. Esta mistura foi agitada constantemente e saturada com CO_2 por duas horas até atingir a coloração rósea, sendo então adicionados 90 mL aos frascos de fermentação.

6.3.3.3. Inóculo e inoculação

O líquido ruminal utilizado para inoculação neste experimento foi coletado de dois bovinos adultos, canulados no rúmen, mantidos na Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa. Os animais foram manejados em sistema de pastejo rotacionado de capim elefante e suplementados com 4 kg de ração com 20% de PB. O líquido ruminal coletado foi retirado manualmente de várias partes do rúmen e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas. No laboratório, o inóculo foi filtrado, passando por duas camadas de panos de algodão sob injeção contínua de CO_2 e mantido em banho-maria a 39°C, sendo submetido à avaliação de suas características físico-químicas e atividade microbiana.

A inoculação foi realizada através da injeção em cada frasco de 10 mL do inóculo preparado, usando-se uma seringa graduada e agulha. Logo após a injeção do inóculo a agulha foi mantida fixa na tampa por alguns segundos para o escape de eventuais gases injetados ou mesmo formados dentro dos frascos. Em seguida os frascos foram manualmente agitados e colocados em estufa a 39°C (tempo zero).

6.3.3.4. Produção de gases

A pressão originada pelos gases acumulados nos frascos foi medida através de um transdutor de pressão conectado a um leitor digital (tipo T443A, Bailey & Mackey, Inglaterra) permitindo desta forma a captura de dados. As leituras de pressão foram tomadas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente nos seguintes tempos pós-inoculação (tempo zero), 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72, e 96 h. A transformação dos valores de pressão de gases (x) para volume de gases (VG) foi

estimado a partir da equação matemática descrita por Mauricio et al. (2001) para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFMG.

$$VG (mL) = -0,004 + 4,43x + 0,051x^2 \quad (1)$$

A agulha acoplada ao transdutor de pressão foi inserida através da tampa de borracha e a pressão medida e armazenada no computador. O transdutor foi então removido e a agulha mantida inserida a tampa por alguns segundos para completa estabilização entre pressão interna e externa. Este processo foi repetido em todos os frascos de cada bandeja e após as leituras, essas foram agitadas manualmente e recolocadas na estufa.

No final do período de fermentação (96 h) os frascos foram removidos da estufa e levados para geladeira a 4°C. O material sólido e líquido de cada frasco foi filtrado em cadinhos de filtragem (porosidade 1) usando bomba de vácuo. A matéria seca degradada foi determinada subtraindo o conteúdo de MS incubado pelo resíduo obtido.

O modelo de France et al. (1993) foi utilizado para descrever a cinética de fermentação à partir da curva de produção de gases em termos de taxa de produção de gases (μ), “lag time” (L) e potencial de produção de gases (A) através do programa MLP (Ross, 1980).

$$\mu = b + c / Z (\sqrt{t})$$

onde:

μ = taxa de produção de gases (mL/h)

t = tempo de incubação

b e c = constantes

Foram ainda calculadas as taxas de degradabilidade da matéria seca para as taxas de passagem de 2%, 5% e 8%/h para baixo, médio e alto consumo,

respectivamente, conforme especificações do Agricultural Research Council (1984), empregando-se a equação proposta por France et al. (1993).

$$Y = A - B \times Q^t \times Z^{\sqrt{t}}$$

onde:

Y = produção de gases (mL)

t = tempo de incubação

A = valor assintótico do pool de gases (mL)

B = $A^{(bt + c\sqrt{t})}$ (sem valor biológico)

Q = e^{-b}

Z = e^{-c}

6.3.3.5. Procedimento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, tendo os híbridos como parcela e tempos de incubação como subparcelas.

Para a comparação das médias de cada tratamento nos diferentes períodos de incubação e das médias dos diferentes períodos de incubação dentro de cada tratamento, utilizou-se o teste de SNK a 5% de probabilidade.

Os dados de produção acumulativa de gases foram ajustados através do software *Maximun Likelihood Program* (Ross, 1980) ao modelo de France et al. (1993):

$$Y = A \{ 1 - \exp^{[-b(t-L) - cx(\sqrt{t} - \sqrt{L})]} \} \quad (2)$$

Em que,

Y = produção acumulativa de gases (mL);

A = assíntota ou potencial máximo de produção de gases;

L = tempo de colonização (lag time);

b (h^{-1}) e c ($h^{-0.5}$) = taxas fracionais constantes.

Uma taxa fracional (h^{-1}) combinada à produção de gases (μ) foi calculada como:

$$\mu = b + \frac{c}{2\sqrt{t}} \quad (3)$$

Em que,

μ = taxa de produção de gases (h^{-1});
 b e c = parâmetros semelhantes ao da equação (1);
 t = tempo de incubação em horas.

6.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 está apresentada a composição química de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, avaliados pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. Os teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) observados para os híbridos normais foram 9,38%, 12,12%, 68,45% e 43,05%, respectivamente. Para os híbridos mutantes *BMR*, os teores médio de MS, PB, FDN e FDA observados foram 8,44%, 12,37%, 66,77% e 42,22%, respectivamente.

Produção de gases (PAG)

Na Tabela 2 encontram-se as produções acumulativas de gases (PAG) dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, após 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas de incubação.

Híbridos na versão normal

Em todos os tempos de incubação, não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados, tanto para as versões normais quanto para as versões mutantes *BMR*.

Os valores médios de PAG observados para os híbridos na versão normal foram 9,49; 20,76; 80,23; 137,87; 159,99 e 169,32 mL/g MS, respectivamente para os seguintes tempos de incubação 6, 12, 24, 48, 72 e 96hs.

Híbridos na versão mutante *bmr-6*

Os valores médios de PAG observados para os híbridos na versão mutante *BMR* foram 17,25; 38,77; 140,58; 207,48; 227,32 e 234,56 mL/g MS, respectivamente para os seguintes tempos de incubação 6, 12, 24,

Tabela 1 - Composição química de híbridos de sorgo capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, utilizados no Experimento IV.

Parâmetros	Tratamentos (Híbrido)				Médio
	CMSX156A * Tx2785	CMSX 157A * Tx2784	CMSX 157A * Tx2785	CMSX 205 * Tx2784	
<i>Versão normal</i>					
MS	9,92	9,19	8,46	9,94	9,38
PB	12,47	11,51	11,81	12,69	12,12
FDN	65,95	69,47	69,11	69,25	68,45
FDA	39,93	43,91	45,28	43,06	43,05
<i>Versão mutante BMR</i>					
MS	7,74	8,76	8,46	8,80	8,44
PB	13,38	12,21	11,61	12,27	12,37
FDN	66,40	66,57	67,03	67,09	66,77
FDA	44,00	41,12	41,62	42,15	42,22

Tabela 2 – Valores médios de produção acumulada de gases em mL/g de MS (PAG) pela técnica *in vitro* semi-automática dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Tempo (hs)	Tratamento				Média
	CMSX156A * Tx2785	CMSX157A * Tx2784	CMSX157A * Tx2785	CMSX205 * Tx2784	
<i>Versão normal</i>					
6	6,37 Aa	8,75 Aa	6,87 Aa	15,97 Aa	9,49
12	13,64 Aa	21,56 Aa	16,24 Aa	31,60 Aa	20,76
24	59,89 Aa	87,35 Aa	77,61 Ab	96,07 Aa	80,23
48	112,98 Ab	148,40 Aa	137,36 Ab	152,73 Ab	137,87
72	133,77 Ab	173,05 Aa	159,46 Aa	173,69 Ab	159,99
96	142,48 Ab	183,61 Aa	169,13 Aa	182,07 Ab	169,32
<i>Versão mutante BMR</i>					
6	13,30 Aa	14,56 Aa	21,72 Aa	19,43 Aa	17,25
12	32,80 Aa	33,50 Aa	46,74 Aa	42,04 Aa	38,77
24	129,14 Aa	123,43 Aa	152,20 Aa	157,57 Aa	140,58
48	197,06 Aa	189,86 Aa	211,92 Aa	231,10 Aa	207,48
72	217,85 Aa	210,89 Aa	228,44 Aa	252,12 Aa	227,32
96	224,95 Aa	218,86 Aa	235,33 Aa	259,09 Aa	234,56

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$). Letras minúsculas na mesma coluna comparam o mesmo híbrido em suas versões normais e mutantes *BMR*, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$); CV = 12,68%.

48, 72 e 96hs.

Comparação entre as versões normais e mutantes BMR

Para o parâmetro PAG, foi observada interação entre a introdução dos genes *bmr-6* e os híbridos avaliados. Os híbridos normal e mutante *BMR*, frutos do cruzamento das linhagens CMSX157A * Tx2784, apresentaram PAG semelhantes ($P>0,05$) para todos os tempos de incubação. Para o cruzamento entre as linhagens CMSX157A * Tx2785, o híbrido mutante *BMR* apresentou uma PAG superior ($P<0,05$) a do seu par isogênico normal, nos períodos de incubação de 24 e 48 horas, sendo que não foi observada diferença ($P>0,05$) nos demais períodos de

incubação. Para os cruzamentos entre as linhagens CMSX156A * Tx2785 e CMSX205 * Tx2784, os híbridos mutantes *BMR* apresentaram uma PAG superior ($P<0,05$) a dos seus pares isogênicos normais, nos períodos de incubação de 48, 72 e 96, sendo que não foi observada diferença ($P>0,05$) nos demais períodos de incubação. Esta maior produção de gases observadas para os híbridos mutantes *BMR* pode ser justificada pela maior digestibilidade das frações fibrosas conforme foi observado no ensaio de consumo e digestibilidade realizado no Experimento III.

Magalhães (2005), avaliando silagens de híbridos de sorgo normais, obteve uma variação nos valores de produção acumulativa de gases, com 96 horas de

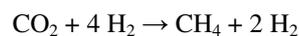
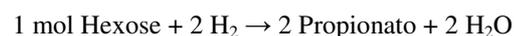
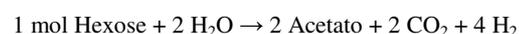
incubação, de 224 a 231 mL/g de MS. Estes valores são semelhantes aos observados para os híbridos mutantes *BMR* do presente trabalho, porém, superiores aos valores observados para PAG dos híbridos normais. Guimarães Jr. (2006), avaliando silagens de milho, observou valor médio de PAG, para 96 horas de incubação, de 150,86 mL/g de MS. Ferreira (2008) avaliou híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, e observou valores médios de PAG de 203,9 mL/g de MS para 96 horas de incubação. Os valores observados por este autor foram semelhantes aos observados neste trabalho.

A PAG apresenta alta correlação com a degradabilidade da matéria seca no rúmen conforme foi relatado por Guimarães Jr. (2006) e Castro (2004), que avaliaram pela técnica *in vitro* de produção de gases as silagens de milho e *Brachiaria brizantha*, respectivamente. Segundo Jayme et al. (2009), os coeficientes de determinação (r^2) observados para as silagens de girassol foram elevados, demonstrando que o volume de gases produzido refletiu o processo de degradação da MS destes materiais. Elevadas correlações também foram descritas por Mould et al. (1999), ao trabalharem com silagens de milho, e por Maurício et al. (2003), ao avaliarem silagens de sorgo. A equação obtida por Maurício et al. (2003) correlacionando todos os dados da produção de gases dos quatro híbridos de sorgo com as respectivas DMS, apresentou $r^2 = 0,99$.

Os resultados obtidos para a produção média de híbridos normais e mutantes *BMR* estão apresentados na Tabela 2 e representados na Figura 1. Na média dos híbridos avaliados, os híbridos mutantes apresentaram uma PAG 38,50% maior que a média dos híbridos normais para 96 horas de incubação. Desta forma, tendo como

princípio as reações estequiométricas da fermentação das hexoses, as maiores PAG observadas para alguns híbridos mutantes *bmr-6* indicam que as frações fibrosas destes híbridos estão mais disponíveis ao ataque dos microorganismos ruminais, o que gera uma maior quantidade de AGV para absorção ruminal.

A energia necessária para promover o crescimento dos microorganismos ruminais é originada principalmente da fermentação dos carboidratos (Wolin, 1975). As reações estequiométricas da fermentação das hexoses foram descritas por Hungate (1996):



As técnicas *in vitro* de produção de gases medem os gases gerados pela forma direta na fermentação das pentoses e hexoses, e de forma indireta na neutralização dos ácidos graxos voláteis pelo tampão bicarbonato presente no líquido ruminal ou saliva artificial (Getachew et al., 1998). Os gases são produzidos principalmente quando o substrato é fermentado à acetato e butirato, enquanto a fermentação em propionato produz gases apenas devido ao tamponamento pelo meio. (Sarwar et al., 1992; Getachew et al., 1998).

Degradabilidade da Matéria Seca

Na Tabela 3 encontram-se as degradabilidades da matéria seca (DMS) dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, com 96 horas de incubação.

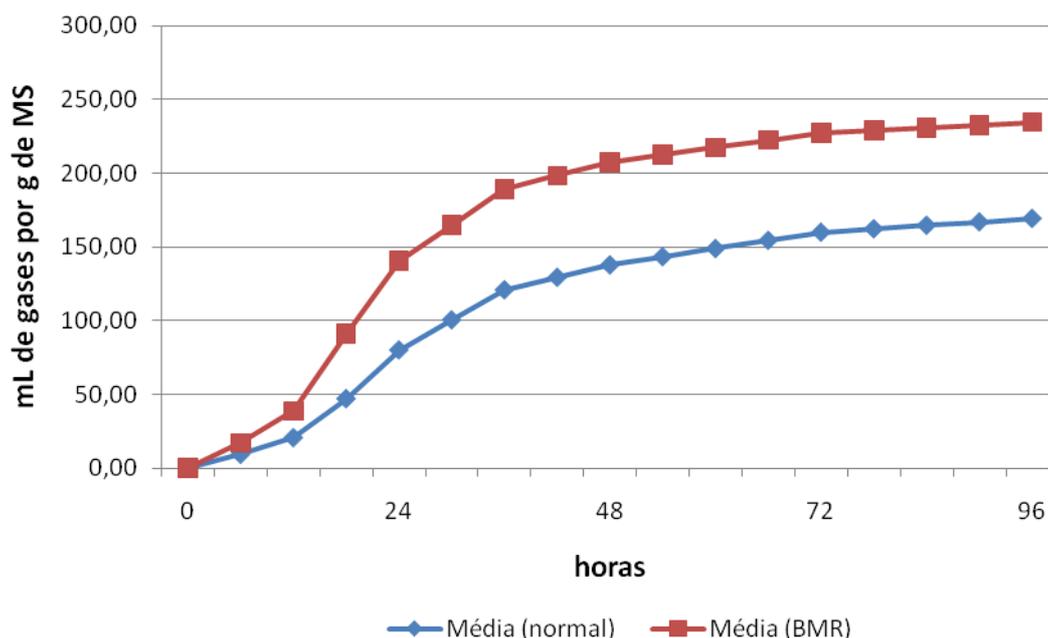


Figura 1 – Produção acumulada de gases média (PAG) (mL/g de MS) de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Híbridos na versão normal

Os valores de degradabilidades da matéria seca (DMS) variaram de 74,33% a 76,82%, respectivamente para os híbridos CMSX156A * Tx2785 e CMSX205 * Tx2784, sendo que não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos na versão normal.

Híbridos na versão mutante bmr-6

Os valores de DMS variaram de 81,07% a 83,81%, respectivamente para os híbridos CMSX205 * Tx2784 e CMSX157A * Tx2784, sendo que também não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os híbridos na versão mutante *BMR*.

Tabela 3 – Valores médios de degradabilidade da matéria seca (DMS) às 96 horas, em porcentagem, pela técnica *in vitro* semi-automática dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Versões do híbrido	Tratamento				Média
	CMSX156A * Tx2785	CMSX157A * Tx2784	CMSX157A * Tx2785	CMSX205 * Tx2784	
Normal	74,33 Ab	75,99 Ab	75,59 Ab	76,82 Aa	75,68
Mutante <i>BMR</i>	82,06 Aa	83,81 Aa	81,99 Aa	81,07 Aa	82,23

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma linha, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$). Letras minúsculas iguais, na mesma coluna, indicam igualdade estatística pelo teste SNK ($p>0,05$); CV = 3,74%.

Comparação entre as versões normais e mutantes BMR

Para o parâmetro DMS com 96 horas de incubação, foi observada interação entre a introdução dos genes *bmr-6* e os híbridos avaliados. Os híbridos normal e mutante *BMR*, frutos do cruzamento das linhagens CMSX205 * Tx2784, apresentaram DMS semelhantes ($P>0,05$) para o tempo de incubação de 96 horas. Para os demais cruzamentos CMSX156A * Tx2785, CMSX157A * Tx2784 e CMSX157A * Tx2785, os híbridos mutantes apresentaram valores de DMS maiores ($P<0,05$) que seus pares isogênicos normais.

Cabral Filho et al., (2005) avaliaram híbridos de sorgo normais através da técnica *in vitro* de produção de gases e observaram para os híbridos forrageiros BR 700 e BR 701 degradabilidades da MS, com 96 horas de incubação, 74,5% e 75,7%, respectivamente. Faria (2002) obteve uma degradabilidade da MS no tempo de 96 horas de incubação para silagem de milho normal de 79,93%. Os valores encontrados por estes autores foram semelhantes aos observados no presente experimento para os híbridos normais, porém, inferiores aos híbridos mutantes *BMR*. Jayme et al. (2009), avaliando silagens de girassol, observaram valores médios de DMS, com 96 horas de incubação, de 46,59%. Guimarães Jr. et al. (2008), observaram valores médios de DMS, com 96 horas de incubação, de 51,56% para as silagens de três híbridos de milho. Os valores observados por estes autores para as silagens de girassol e milho foram inferiores aos valores médios encontrados no presente experimento.

As altas taxas de degradabilidade observadas no presente experimento se deve principalmente a alta qualidade da fibra apresentadas pelos híbridos de sorgo com capim-sudão. Conforme foi relatado no Experimento III, os valores médios de

digestibilidade da FDN, FDA, Hemicelulose e celulose foram respectivamente: 74,93%; 74,10%; 75,88% e 80,15%.

Cinética de degradação ruminal

Os parâmetros da cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva, determinados pelo modelo de France et al. (1993), referentes à matéria seca dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, estão apresentados na Tabela 4.

Potencial máximo de produção de gases (A)

Os potenciais máximos de produção de gases variaram de 135,22 mL/g de MS, para o híbrido normal CMSX156A * Tx2785, a 252,00 mL/g de MS, para o híbrido mutante *BMR* CMSX205bmr * Tx2784bmr. Apenas para o cruzamento das linhagens CMSX157A * Tx2784 o híbrido normal (202,51 mL/g de MS) apresentou um potencial máximo de produção de gás maior que o do seu par isogênico mutante *BMR* (196,01 mL/g de MS). Na média dos materiais avaliados, o potencial máximo de produção dos híbridos mutantes *BMR* foi 40,11% maior que a média dos híbridos normais.

O potencial máximo de produção de gases pode ser considerado como a expressão máxima da degradação ruminal de um alimento, sem considerar a limitação de tempo de permanência da digesta no rúmen, sendo esta representada pela letra maiúscula A no modelo de France et al. (1993).

Faria (2002) avaliou silagem de milho normal e encontrou um potencial de produção de gases de 245 mL/g de MS, enquanto que Magalhães (2005) avaliando silagens de sorgo normais observou uma variação de 233 a 243 mL/g de MS. Guimarães Jr. (2006) avaliou as silagens de

Tabela 4 – Parâmetros da equação de France (1993). Potencial máximo de produção de gases (A) em mL/g de MS, taxa de produção de gases (μ) em mL/g de MS e tempo de colonização (Lag) em horas de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*.

Parâmetros	Tratamento				Média
	CMSX156A * Tx2785	CMSX157A * Tx2784	CMSX157A * Tx2785	CMSX205 * Tx2784	
<i>Versão normal</i>					
A (mL/g de MS)	135,22	202,51	153,61	162,26	163,40
μ (mL/h)	0,038	0,043	0,046	0,041	0,042
Lag (h)	5,32	4,43	6,31	5,49	5,39
<i>Versão mutante BMR</i>					
A (mL/g de MS)	232,09	196,01	235,66	252,00	228,94
μ (mL/h)	0,063	0,058	0,069	0,067	0,064
Lag (h)	4,13	4,43	4,31	4,22	4,27

três genótipos de milho e obteve uma oscilação no potencial máximo de produção de gases de 145,18 a 155,02 mL/g de MS, sendo estes valores inferiores aos encontrados no presente experimento.

Taxa de produção de gases (μ)

A variação observadas nas taxas de produção de gases foram de 0,038 mL/h, para o híbrido normal CMSX156A * Tx2785, a 0,069 mL/h, para o híbrido mutante *BMR* CMSX157Abmr * Tx2785bmr. Todos os híbridos mutantes *BMR* apresentaram uma maior taxa de produção de gases quando comparados com seus pares isogênicos normais. Na média dos materiais avaliados, a taxa de produção de gases dos híbridos mutantes *BMR* foi 52,38% maior que a média dos híbridos normais.

A taxa fracional de produção de gases é representada pela letra grega μ no modelo de France et al. (1993). Na avaliação de forrageiras, quanto maior a digestibilidade maior será a degradabilidade potencial do material, representado pela letra A na técnica *in vitro* de produção de gases, porém, para uma melhor resposta animal,

são desejadas elevadas taxas de degradação (equivalente à taxa de produção de gases) fazendo com que o potencial de degradação seja rapidamente atingido.

Leite et al. (2002) ao compararem as taxas de produção de gases entre as silagens de girassol e milho encontraram um valor de μ para a silagem de milho de 0,030 mL/h, já Magalhães (2005) observou um valor médio de μ para as silagens de quatro genótipos de sorgo de 0,037 mL/h. Os valores observados por estes autores foram inferiores aos observados para o presente trabalho.

Tempo de colonização (Lag)

Os valores de Lag variaram de 4h e 8min, para o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr, a 6h e 19min, para o híbrido normal CMSX157A * Tx2785. Todos os híbridos mutantes *BMR* apresentaram um menor tempo de colonização quando comparados com seus pares isogênicos normais. Na média dos materiais avaliados, o tempo de colonização dos híbridos mutantes *BMR* foi 26,14% menor que a média dos híbridos normais.

O tempo de colonização ou “lag time” representa o tempo compreendido entre a incubação até o início da ação microbiana sobre a amostra incubada, sendo representada por *Lag* no modelo de France et al. (1993). As reduções no tempo de colonização são favorecidas pela presença de substratos prontamente fermentáveis e por características físicas e químicas da parede celular da amostra.

Faria (2002), avaliando silagem de milho normal, encontrou um *Lag* de 1 hora e 35 minutos, enquanto que Magalhães (2005), avaliando silagens de sorgo normais, observou um *Lag* médio de 1 hora e 47 minutos. Guimarães Jr. (2006) encontrou um *Lag* médio de 2 horas e 25 minutos para silagens de milho normal. Os valores observados por estes autores foram inferiores aos observados para o presente trabalho, possivelmente devido a presença dos grãos que disponibiliza uma maior quantidade de amido prontamente fermentável para a microbiota ruminal. Ferreira (2008) avaliando híbridos de sorgo com capim-sudão, observou valores de *Lag* para híbridos mutantes *BMR* variando de 3,25 a 5,03 horas. O valor médio encontrado para os híbridos mutantes avaliados (4,27 horas) está dentro da variação observada por este autor.

Plantas portadoras de nervura marrom, por apresentarem alteração da composição da lignina e no processo de lignificação, tornam-se mais disponíveis ao ataque microbiano, proporcionando uma maior degradação das frações fibras no rúmen (Barrière et al., 2004). A afirmativa acima pode ser comprovada pelo presente experimento já que para todos os parâmetros avaliados, potencial máximo de produção de gases, taxa de produção de gases e tempo de colonização, os híbridos mutantes *BMR* se destacaram sobre seus isogênicos normais, exceto para o cruzamento das linhagens CMSX157A * Tx2784.

De acordo com os resultados observados, é possível afirmar que os híbridos mutantes *BMR* serão mais eficientes que os híbridos isogênicos normais por proverem mais energia e em um período mais curto para os animais que os ingerirem. Estes parâmetros são de fundamental importância quando se trabalha com animais de alto desempenho que necessitam apresentar alto consumo e alta taxa de passagem para atender suas exigências nutricionais.

Degradabilidade efetiva da matéria seca

As degradabilidades efetivas da MS dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, nas taxas de passagem de 2%, 5% e 8%/hora estão apresentados na Tabela 5.

Taxa de passagem de 2%/hora

Para a taxa de passagem de 2%/h, os valores de degradabilidade efetiva da MS variaram de 56,48% para o híbrido normal CMSX156A * Tx2785 a 70,62% para o híbrido mutante *BMR* CMSX157Abmr * Tx2784bmr. Todos os híbridos mutantes *BMR* apresentaram uma maior degradabilidade efetiva da MS quando comparados com seus pares isogênicos normais. Na média dos híbridos avaliados, a degradabilidade efetiva da MS dos híbridos mutantes *BMR* foi 14,58% maior que a média dos híbridos normais.

Taxa de passagem de 5%/hora

Para a taxa de passagem de 5%/h, os valores de degradabilidade efetiva da MS variaram de 46,75% para o híbrido normal CMSX156A * Tx2785 a 60,12% para o híbrido mutante *BMR* CMSX157Abmr * Tx2784bmr. Todos os híbridos mutantes *BMR* apresentaram uma maior degradabilidade efetiva da MS quando comparados com seus pares isogênicos

Tabela 5 – Valores médios de degradabilidades efetivas da matéria seca dos híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, nas taxas de passagem de 2%, 5% e 8%/hora.

Taxa de passagem	Tratamento				Média
	CMSX156A * Tx2785	CMSX157A * Tx2784	CMSX157A * Tx2785	CMSX205 * Tx2784	
<i>Versão normal</i>					
2%/h	56,48	62,99	60,40	61,79	60,41
5%/h	46,75	53,57	48,56	50,91	49,95
8%/h	38,67	45,53	39,01	41,91	41,28
<i>Versão mutante BMR</i>					
2%/h	69,63	70,62	68,55	68,09	69,22
5%/h	59,83	60,12	58,59	58,34	59,22
8%/h	51,36	51,13	50,04	49,95	50,62

normais. Na média dos híbridos avaliados, a degradabilidade efetiva da MS dos híbridos mutantes *BMR* foi 18,56% maior que a média dos híbridos normais.

Taxa de passagem de 8%/hora

Para a taxa de passagem de 8%/h, os valores de degradabilidade efetiva da MS variaram de 38,67% para o híbrido normal CMSX156A * Tx2785 a 51,36% para o híbrido mutante *BMR* CMSX156Abmr * Tx2785bmr. Todos os híbridos mutantes *BMR* apresentaram uma maior degradabilidade efetiva da MS quando comparados com seus pares isogênicos normais. Na média dos híbridos avaliados, a degradabilidade efetiva da MS dos híbridos mutantes *BMR* foi 22,63% maior que a média dos híbridos normais.

Guimarães Jr. (2006) avaliou silagens de milho e observou os seguintes valores médios de degradabilidade efetiva da matéria seca: 33,55%, 20,58% e 14,10%, respectivamente para as taxas de passagem de 2%, 5% e 8%/h. Tomich (2003) avaliou a degradabilidade efetiva de híbridos de sorgo de corte e pastejo normais, para taxa de passagem de 2%/h, e observou valor médio de 41,7%. Ferreira (2008) avaliou

híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *BMR*, e observou valores médios de degradabilidade efetiva da MS, para uma taxa de passagem de 2%/ha, de 57,18% e 50,3%, respectivamente para o primeiro e segundo corte. Os valores observados por estes autores estão abaixo do obtido no presente experimento, comprovando o alto valor nutricional dos híbridos de sorgo de corte e pastejo em comparação com outras forragens.

Para taxas de passagem simulando animais em nível de manutenção (2%/h), nível médio de produção (5%/h - equivalente a observada para ovinos em crescimento) e alto nível de produção (8%/h - alimentados com dietas mistas), os híbridos *BMR* se destacaram apresentando alta degradação efetiva da MS.

Para se obter alta degradabilidade efetiva da matéria seca mesmo em alta taxa de passagem é importante que os materiais apresentem boa taxa de degradação da matéria seca e baixo tempo de colonização. Comparado com outras culturas, a degradabilidade efetiva da matéria seca dos híbridos de sorgo com capim-sudão podem ser consideradas altas para todas as taxas de

passagem avaliadas devido a alta qualidade de suas frações fibrosas.

6.5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Os resultados obtidos pela técnica *in vitro* de produção de gases demonstram haver interferência da mutação *bmr-6* sobre a cinética de degradação das frações fibrosas dos híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados.

Plantas portadoras de nervura marrom, por apresentarem alteração da composição da lignina e no processo de lignificação, tornam-se mais disponíveis ao ataque microbiano, proporcionando uma maior degradação das frações fibrosas no rúmen, o que pode ser confirmado pelos parâmetros avaliados neste trabalho.

Os resultados indicam que todos os híbridos testados apresentaram alto valor nutricional quando comparados com outras forrageiras utilizadas para a alimentação de ruminantes.

6.6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARC – AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The nutrient requirement of ruminant livestock*. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 45p.

BARRIÈRE, Y.; GONÇALVES, G. D.; EMILE, J. C.; LEFÈVRE, B. Higher intake of DK265 corn silage by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.87, n.5, p.1439-1445, 2004.

BELVINK, J.M.W.; SPOELSTRA, S.F. Interaction between substrate, fermentation end-products, buffering systems and gas production upon fermentation of different

carbohydrates by mixed rumen microorganisms *in vitro*. *Appl. Microb. Biotech.*, v.37, p. 505-509, 1992.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO., S. C.; DETMANN, E.; et al. Consumo e digestibilidades em bovinos alimentados com dietas à base de silagens de milho e de capim-elefante e feno de capim tifton-85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM

CABRAL FILHO, S.L.S.; ABDALA, A.L.; BUENO, I.C.S. et al. Ruminal fermentation and degradability of sorghum cultivar whole crop, and grains, using *in vitro* gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*. v.123–124, p. 329-339, 2005.

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

FARIA, B.N. *Propilenoglicol e monensina como aditivos para a cana-de-açúcar, silagem de milho e polpa cítrica avaliados pela técnica in vitro semi-automática de produção de gases*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária da UFMG. 2002, 80p. (Dissertação)

FERREIRA, D.A. *Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão portadores de nervura marrom, submetidos à cortes sucessivos*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2008, 80p. (Tese)

FRANCE, J., DHANOA, M.S., THEODOROU, M.K., et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.*, v.163, p.99-111, 1993.

- GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S., et al. In vitro gas measuring techniques for assesment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, v.72, p.261-281, 1998.
- GUIMARÃES JR, R. *Avaliação Nutricional de silagens de milho [pennisetum glaucum (l.) R. Br.]*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária da UFMG. 2006, 90p. (Tese)
- HUNGATE, R. *The Rumen and Its Microbes*. New York: Academic Press, 1996.
- JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, A.L.C.C.; BORGES, I.; SALIBA, E.O.S.; PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, C.G.; PEREIRA, L.G.R. Avaliação pela técnica semiautomática de produção de gases das silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) (Rumbosol 91, Victoria 627, Victoria 807 e Mycogen 93338). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.61, n.6, p.1403-1410, 2009
- LEITE, L.A., REIS, R.B; MAURÍCIO, R.M., et al. Avaliação das silagens de girassol, milho e suas associações pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases - 2: Efeitos associativos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM
- MAGALHÃES, R.T. *Avaliação nutricional de diferentes genótipos de sorgo forrageiro*. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária da UFMG. 2005, 65p. (Tese)
- MAURICIO, R.M., MOULD, F.L., DHANOA, M.S., et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminants fedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, v.79, p.321-330, 1999.
- MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica in vitro semiautomática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1013-1020, 2003.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v.64, n.7, p.1548-1558, 1987.
- MOULD, F.L.; SMITH, T.; OWEN, E. et al. The relationship between DOMD and gas release estimated in vitro using the reading pressure technique system for four maize silages of different maturity. In: *PROCEEDINGS of the British Society of Animal Science*, 1999. Midlothian, Scotland. BSAS, 1999. p.150.
- NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *Journal of Dairy Science*, v.76, p.1063-1073, 1993.
- PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G. V.; BRUNO, R. G. S.; CALESTINE, G. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. *Scientia Agricola*, v.61, n.4, p.358-363, 2004.
- ROSS, G.J.S. *Maximum Likelihood Program (A Manual)*. Tothmsted Experimental Station, Hampendon. 1980.
- RUSSEL, B. J.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. J., et al. A net carbohydrate and protein

system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, v.70, n.12, p.1955-1963, 1992.

SARWAR, M., FIRKINS, J.L. EASTRIDGE, M.L. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, p.1533-1542, 1992

SCHOFIELD, P. Gas production methods. In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Wallingford (UK): CAB International. 2000. 450p.

SCHOFIELD, P.; PELL, A.N. Measurement and kinetics analysis of the neutral detergents soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal of Animal Science*, v.73, p.3455-3463, 1995.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P. J., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3562-3577, 1992.

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.

TJARDES, K.E.; BUSKIRK, D.D.; ALLEN, M.S. et al. Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers. *Journal of Animal Science*, v.78, p.2957-2965, 2000.

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

WOLIN, M.J. Interactions between the bacterial species of the rumen. In: McDonald, I.W. and Warner, A.C. (eds) *Digestion and Metabolism in the Ruminant*. University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia, p.134-148, 1975.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES GERAIS

A mutação *BMR* (*bmr-6*) se expressou de forma desuniforme entre os diferentes cultivares e parâmetros avaliados. Desta forma, torna-se necessário, nos programas de melhoramento de plantas forrageiras, testar a introdução dos genes *bmr-6* em um maior número de genótipos.

Os resultados observados no presente estudo para consumo voluntário e degradabilidade da matéria seca demonstram o potencial para utilização de híbridos de sorgo com capim-sudão mutantes *BMR* em sistemas de produção de ruminantes com alto desempenho.

O teor médio de energia líquida dos híbridos avaliados foi de 1,65 Kcal/g de MS, demonstrando o alto teor energético deste volumoso para a limentação de ruminantes.

ANEXO

Tabela 1 – Correlações entre os parâmetros avaliados no capítulo III.

Parâmetros		Parâmetros agronômicos					Composição química				
		ALT	STAND	PMN	PMS	PMSD	MS	PB	DIVMS	FDN	FDA
Parâmetros agronômicos	ALT	1,00	-0,37	0,83	0,81	0,77	ns*	-0,58	-0,35	0,57	0,52
	STAND		1,00	-0,24	ns*	ns*	ns*	0,42	ns*	-0,38	-0,45
	PMN			1,00	0,92	0,88	ns*	-0,41	-0,36	0,49	0,40
	PMS				1,00	0,96	0,43	-0,48	-0,39	0,54	0,36
	PMSD					1,00	0,41	-0,49	ns*	0,51	0,34
Composição química	MS						1,00	-0,34	ns*	0,28	ns*
	PB							1,00	ns*	-0,71	-0,59
	DIVMS								1,00	-0,24	ns*
	FDN									1,00	0,70
	FDA										1,00

Tabela 2 – Correlações entre os parâmetros avaliados no capítulo IV.

Parâmetros		Parâmetros agrônômicos							Matéria Seca			Proteína Bruta		
		Altura	Estande	PMN	PMS	PMSD	% Folha	% Haste	Completa	Folha	Haste	Completa	Folha	Haste
Parâmetros agrônômicos	Altura	1,00	-0,41	0,57	0,80	0,77	-0,88	0,88	0,73	0,78	0,66	-0,74	ns*	-0,65
	Estande		1,00	ns*	ns*	ns*	0,49	-0,49	ns*	ns*	ns*	0,41	ns*	0,44
	PMN			1,00	0,86	0,88	-0,47	0,47	ns*	ns*	ns*	ns*	ns*	ns*
	PMS				1,00	0,99	-0,62	0,62	0,65	0,53	0,41	-0,52	ns*	ns*
	PMSD					1,00	-0,61	0,61	0,59	0,45	ns*	-0,48	ns*	ns*
	% Folha						1,00	-1,00	-0,57	-0,76	-0,61	0,89	0,45	0,80
	% Haste							1,00	0,57	0,76	0,61	-0,89	-0,45	-0,80
Matéria Seca	Completa								1,00	0,83	0,83	-0,55	ns*	ns*
	Folha									1,00	0,94	-0,74	ns*	-0,64
	Haste										1,00	-0,65	ns*	-0,58
Proteína Bruta	Completa											1,00	0,42	0,81
	Folha												1,00	0,53
	Haste													1,00
DIVMS	Completa													
	Folha													
	Haste													
FDN	Completa													
	Folha													
	Haste													
FDA	Completa													
	Folha													
	Haste													
LIG	Completa													
	Folha													
	Haste													
HCEL	Completa													
	Folha													
	Haste													
CEL	Completa													
	Folha													
	Haste													
EB	Completa													
	Folha													
	Haste													

Parâmetros		DIVMS			FDN			FDA			LIG		
		Completa	Folha	Haste									
Parâmetros agronômicos	Altura	-0,77	-0,59	-0,63	0,77	ns*	0,66	0,87	ns*	0,87	0,74	0,41	0,74
	Estande	ns*	ns*	ns*	ns*	ns*	ns*	ns*	ns*	-0,45	ns*	ns*	-0,45
	PMN	-0,48	ns*	ns*	0,42	ns*	ns*	0,57	ns*	0,47	0,60	ns*	ns*
	PMS	-0,70	ns*	-0,49	0,69	ns*	0,52	0,75	ns*	0,64	0,82	ns*	0,47
	PMSD	-0,59	ns*	-0,42	0,61	ns*	0,44	0,67	ns*	0,60	0,75	ns*	0,41
	% Folha	0,67	0,66	0,67	-0,64	ns*	-0,68	-0,79	ns*	-0,90	-0,58	-0,44	-0,80
	% Haste	-0,67	-0,66	-0,67	0,64	ns*	0,68	0,79	ns*	0,90	0,58	0,44	0,80
Matéria Seca	Completa	-0,71	-0,51	-0,52	0,76	0,52	0,66	0,69	ns*	0,61	0,75	ns*	0,65
	Folha	-0,84	-0,74	-0,72	0,82	0,61	0,84	0,86	ns*	0,79	0,69	0,47	0,83
	Haste	-0,79	-0,73	-0,70	0,80	0,67	0,78	0,78	ns*	0,67	0,64	0,44	0,76
Proteína Bruta	Completa	0,70	0,73	0,66	-0,60	-0,44	-0,73	-0,78	ns*	-0,83	-0,58	-0,51	-0,73
	Folha	ns*	0,41	0,44	ns*	ns*	ns*	ns*	ns*	-0,42	ns*	-0,43	ns*
	Haste	0,62	0,78	0,78	-0,62	-0,43	-0,72	-0,74	ns*	-0,86	-0,44	-0,71	-0,67
DIVMS	Completa	1,00	0,75	0,75	-0,87	-0,71	-0,81	-0,94	ns*	-0,76	-0,86	-0,43	-0,66
	Folha		1,00	0,92	-0,73	-0,80	-0,88	-0,80	-0,48	-0,80	-0,63	-0,62	-0,73
	Haste			1,00	-0,77	-0,76	-0,89	-0,80	ns*	-0,83	-0,61	-0,52	-0,72
FDN	Completa				1,00	0,69	0,77	0,90	ns*	0,71	0,76	ns*	0,71
	Folha					1,00	0,76	0,63	0,69	0,50	0,68	0,47	0,51
	Haste						1,00	0,82	ns*	0,86	0,69	0,56	0,81
FDA	Completa							1,00	ns*	0,85	0,85	0,51	0,77
	Folha								1,00	ns*	ns*	ns*	ns*
	Haste									1,00	0,64	0,57	0,83
LIG	Completa										1,00	ns*	0,51
	Folha											1,00	0,41
	Haste												1,00
HCEL	Completa												
	Folha												
	Haste												
CEL	Completa												
	Folha												
	Haste												
EB	Completa												
	Folha												
	Haste												

Parâmetros		HCEL			CEL			EB		
		Completa	Folha	Haste	Completa	Folha	Haste	Completa	Folha	Haste
Parâmetros agronômicos	Altura	-0,52	0,55	-0,48	0,85	ns*	0,86	0,65	0,55	0,81
	Estande	ns*	ns*	0,63	ns*	0,41	-0,43	ns*	ns*	-0,43
	PMN	-0,50	ns*	ns*	0,52	ns*	0,51	ns*	ns*	ns*
	PMS	-0,41	0,60	ns*	0,68	ns*	0,65	0,67	0,44	0,50
	PMSD	ns*	0,51	ns*	0,60	ns*	0,61	0,59	ns*	0,43
	% Folha	0,58	-0,50	0,51	-0,80	ns*	-0,88	-0,55	-0,45	-0,83
	% Haste	-0,58	0,50	-0,51	0,80	ns*	0,88	0,55	0,45	0,83
Matéria Seca	Completa	ns*	0,72	ns*	0,62	ns*	0,58	0,78	0,68	0,76
	Folha	ns*	0,73	ns*	0,85	ns*	0,75	0,70	0,66	0,93
	Haste	ns*	0,73	ns*	0,78	ns*	0,62	0,70	0,65	0,87
Proteína Bruta	Completa	0,63	-0,52	ns*	-0,80	ns*	-0,81	-0,59	ns*	-0,78
	Folha	ns*	ns*	ns*	ns*	ns*	-0,43	ns*	-0,42	-0,49
	Haste	0,52	-0,45	ns*	-0,80	ns*	-0,86	-0,43	-0,49	-0,80
DIVMS	Completa	0,47	-0,77	ns*	-0,90	ns*	-0,75	-0,78	-0,53	-0,78
	Folha	0,44	-0,74	ns*	-0,80	ns*	-0,78	-0,62	-0,62	-0,83
	Haste	ns*	-0,78	ns*	-0,81	ns*	-0,81	-0,60	-0,69	-0,83
FDN	Completa	ns*	0,77	ns*	0,88	ns*	0,69	0,74	0,74	0,79
	Folha	ns*	0,87	0,42	0,57	0,52	0,48	0,64	0,61	0,61
	Haste	-0,42	0,83	ns*	0,81	ns*	0,84	0,68	0,64	0,86
FDA	Completa	-0,57	0,73	ns*	0,98	ns*	0,83	0,76	0,59	0,84
	Folha	ns*	ns*	0,45	ns*	0,91	ns*	ns*	ns*	ns*
	Haste	-0,58	0,65	ns*	0,86	ns*	0,99	0,57	0,60	0,90
LIG	Completa	-0,48	0,79	ns*	0,73	ns*	0,64	0,85	0,52	0,64
	Folha	ns*	ns*	ns*	0,53	ns*	0,58	ns*	0,41	0,59
	Haste	ns*	0,58	ns*	0,80	ns*	0,76	0,60	0,56	0,86
HCEL	Completa	1,00	ns*	ns*	-0,56	ns*	-0,59	ns*	ns*	ns*
	Folha		1,00	ns*	0,65	ns*	0,63	0,70	0,71	0,71
	Haste			1,00	ns*	0,51	-0,41	ns*	ns*	ns*
CEL	Completa				1,00	ns*	0,84	0,67	0,57	0,85
	Folha					1,00	ns*	ns*	ns*	ns*
	Haste						1,00	0,54	0,58	0,87
EB	Completa							1,00	0,44	0,66
	Folha								1,00	0,73
	Haste									1,00

