



## Composição química, cinética de fermentação ruminal e produção de metano *in vitro* de silagens da variedade de sorgo sacarino BRS 506 em distintos estádios de maturação das plantas<sup>1</sup>

Thierry Ribeiro Tomich<sup>2</sup>, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira<sup>2</sup>, Larissa Gomes dos Reis<sup>3</sup>, Ellen de Almeida Moreira<sup>4</sup>, Otaviano de Souza Pires Neto<sup>5</sup>, Frederico Osório Velasco<sup>5</sup>, José Avelino Santos Rodrigues<sup>7</sup>, Lúcio Carlos Gonçalves<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Parte de projeto de pesquisa financiado pela Embrapa, CNPq e Fapemig

<sup>2</sup> Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora/MG E-mail: [thierry.tomich@embrapa.br](mailto:thierry.tomich@embrapa.br)

<sup>3</sup> Doutoranda, University of Sydney, Sydney/AU

<sup>4</sup> Doutoranda, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus/BA

<sup>5</sup> Doutorando, UFMG, Belo Horizonte/MG

<sup>6</sup> Bolsista de pós-doutorado Capes/Embrapa, UFSJ, São João Del-Rei/MG

<sup>7</sup> Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagos/MG

<sup>8</sup> Professor, Departamento de Zootecnia da UFMG, Belo Horizonte/MG

**Resumo:** As forragens da variedade de sorgo BRS 506 foram ensiladas aos sete, 14, 21 e 28 dias após o florescimento pleno e avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina, à cinética de fermentação ruminal de carboidratos fibrosos e não fibrosos (CNF), à produção acumulada de gases às 96 horas de incubação e à produção de metano *in vitro*. Foram verificados os efeitos lineares ( $P < 0,001$ ) e quadráticos ( $P < 0,001$ ) no aumento do teor de MS e na redução do teor de PB das silagens com avanço da maturação das plantas. Foram notadas reduções lineares dos teores de FDN ( $P < 0,001$ ) e de FDA ( $P < 0,01$ ) e também respostas quadráticas ( $P < 0,01$ ) na redução de ambos. Ocorreram aumentos lineares ( $P < 0,05$ ) no volume de gases produzidos pela fermentação dos CNF e na produção de metano. O teor de lignina e os demais parâmetros da cinética de fermentação ruminal das silagens não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelo estágio de maturação das plantas. Os resultados indicam que silagens de melhor valor nutritivo podem ser produzidas quando as plantas desta variedade de sorgo são colhidas em torno dos 21 dias após o florescimento pleno e que há possibilidade de alterar índices de eficiência da produção animal associadas à emissão de metano pelas estratégias de colheita desta forrageira aqui avaliadas.

**Palavras-chave:** forragem suplementar, gás de efeito estufa, ruminante, *Sorghum bicolor*, valor nutritivo

### Chemical composition, rumen fermentation kinetics and methane production *in vitro* of silages from variety of sweet sorghum BRS 506 at different stages of plant maturity

**Abstract:** Forages from variety of sorghum BRS 506 were ensiled at seven, 14, 21 and 28 days after full bloom and evaluated for dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin, for fermentation kinetics of fibrous and non-fibrous carbohydrates (NFC), total gas production at 96 h of incubation and methane production *in vitro*. Linear ( $P < 0.001$ ) and quadratic ( $P < 0.001$ ) effects were observed in increasing DM and reducing CP contents with advance of plant maturity. Linear reductions for NDF ( $P < 0.001$ ) and ADF ( $P < 0.01$ ) and quadratic ( $P < 0.01$ ) reductions for both were observed. Linear increases ( $P < 0.05$ ) were observed for gas production from NFC and methane production. Lignin content in silages and other parameters of rumen fermentation kinetics were not affected ( $P > 0.05$ ) by plant maturity. These results indicate that a higher nutritional value silage can be produced harvesting the plants of this variety of sorghum around 21 days after full bloom, and that is possible to change the efficiency of livestock production rates associated to methane by using ensiling strategies evaluated in this study.

**Keywords:** greenhouse gas, nutritional value, ruminant, *Sorghum bicolor*, supplementary roughage

### Introdução

A suplementação com volumosos de alto valor nutritivo durante o período seco do ano converge para aumento de eficiência nos sistemas de produção de leite a pasto. Segundo Rodrigues et al. (2014), o sorgo tem sido amplamente recomendado para a produção de forragem suplementar em todas as situações em que o déficit hídrico oferece risco para outras culturas forrageiras, notadamente para a de milho.



A variedade de sorgo sacarino BRS 506 foi selecionada na década de 1980 para produção de etanol no âmbito do programa Nacional do Alcool – Pró-Alcool, mas, entre outros fatores, a elevada produtividade de biomassa e adequada composição química da forragem fizeram com que também fosse indicada atualmente para a produção de silagem. Estudo conduzido por Santos et al. (2013) mostrou a superioridade desta variedade quanto à produtividade de MS digestível quando a comparou com outras quatro cultivares de sorgo e em trabalho de Skonieski et al. (2010) foi notada semelhança desta variedade frente a outras nove cultivares quanto aos parâmetros que avaliaram a qualidade da fermentação e o valor nutritivo das silagens.

Tem-se mostrado a influência do estágio de maturação das plantas do sorgo sobre o valor nutritivo das silagens (Machado et al., 2014) e, recentemente, a avaliação da produção de metano entérico tem sido associada à qualificação do valor nutritivo de alimentos para ruminantes (Ribeiro Júnior et al., 2014). Neste estudo avaliou-se o efeito de estádios de maturação das plantas da variedade de sorgo BRS 506 sobre a composição química, cinética de fermentação ruminal e produção de metano *in vitro* de suas silagens.

### Material e Métodos

A parte aérea da variedade de sorgo sacarino BRS 506 foi colhida quando as plantas apresentavam sete, 14, 21 ou 28 dias após o florescimento pleno (50% do florescimento do stand). As forragens foram picadas (partículas de 20 mm) e ensiladas em silos experimentais (200 L). Utilizando quatro silos para cada estágio de desenvolvimento das plantas, as silagens foram amostradas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°-60°C por 72 h, moídas até 1 mm e analisadas quanto aos teores de MS a 105°C, de PB multiplicando o teor de N obtido pelo método Kjeldahl por 6,25 e de FDN, FDA e lignina pelo método sequencial descrito por Van Soest et al. (1991). Também foi conduzido experimento para determinar a cinética de fermentação ruminal das silagens empregando a técnica *in vitro* de produção de gases conforme descrito por Maurício et al. (2003). Adicionalmente, amostras de gases foram colhidas às 12 horas após incubação e analisadas em cromatografia gasosa quanto às concentrações de metano. Os parâmetros da cinética de fermentação de CF e CNF foram estimados pelo modelo logístico bicompartimental descrito por Schofield et al. (1994).

Os dados foram analisados em delineamento experimental inteiramente ao acaso, segundo o modelo estatístico:  $Y_{hi} = \mu + M_i + \epsilon_{hi}$ , onde  $Y_{hi}$  é a observação  $h$  do estágio de maturação  $i$ ,  $\mu$  é a média geral,  $M_i$  é o efeito do estágio de maturação  $i$  ( $i = 7, 14, 21$  ou  $28$ ) e  $\epsilon_{hi}$  é o erro aleatório associado à observação. Havendo efeito de estágio de maturação ( $P < 0,05$ ), análises de regressão foram feitas por polinômios ortogonais para verificar efeitos lineares ou quadráticos de período de maturação sobre os parâmetros avaliados. As correlações entre as variáveis foram estimadas pelo coeficiente de correlação de Pearson.

### Resultados e Discussão

O teor de MS das silagens foi influenciado ( $P < 0,001$ ) pelo estágio de maturação das plantas da variedade de sorgo BRS 506 por ocasião da colheita, sendo verificados os efeitos linear ( $P < 0,001$ ) e quadrático ( $P < 0,001$ ) no aumento do teor de MS com avanço da maturação. Já o teor de PB reduziu ( $P < 0,001$ ) com aumento da maturação das plantas colhidas, sendo observados os efeitos linear ( $P < 0,001$ ) e quadrático ( $P < 0,001$ ) nesta redução. Os teores de FDN e de FDA das silagens também foram influenciados ( $P < 0,01$ ) pelo estágio de maturação das plantas ao corte, com respostas lineares na redução dos teores de FDN ( $P < 0,001$ ) e de FDA ( $P < 0,01$ ) e também respostas quadráticas ( $P < 0,01$ ) para ambos os teores. O teor de lignina das silagens não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelo estágio de maturação das plantas, sendo encontrados valores médios variando de 5,2% a 5,6% (Tabela 1).

Embora tenha sido notado o aumento no teor de MS das silagens com o avanço do estágio de maturação das plantas ao corte, o teor máximo de 25,1% de MS para a média das silagens produzidas com plantas colhidas aos 28 dias após o florescimento pleno ficou abaixo do valor de 29,71% de MS apresentado nas Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos (Valadares Filho et al., 2015) para silagens de sorgo e também situou-se abaixo da faixa de 30% a 35% de MS observado no estágio indicado por Rodrigues et al. (2014) para colheita do sorgo para ensilagem. Este fato está relacionado à avaliação no atual estudo de variedade de sorgo de colmo sacarino, a qual foi selecionada para fornecer matéria prima para destilarias apresentando colmo úmido e com alto teor de açúcares.

A panícula do sorgo é a fração que mais contribui para aumento no teor de MS na forragem e, conforme Silva et al. (1999), o aumento da participação da panícula também é responsável por reduções nos teores de FDN e de FDA nas silagens de sorgo. No atual estudo, o teor de MS foi negativamente correlacionado aos teores de FDN ( $r = -0,60$ ;  $P < 0,01$ ) e de FDA ( $r = -0,56$ ;  $P = 0,01$ ), indicando que o



aumento nos teores MS e as reduções de FDN e de FDA nas silagens observados com o avanço do estágio de maturação das plantas também podem estar associados ao aumento na participação da panícula. Destaca-se, ainda, que tendo em vista a associação negativa do teor de FDN ao consumo e do teor de FDA à digestibilidade da dieta para a maior parte das situações de alimentação de ruminantes em condições tropicais, os atuais resultados apontaram que o uso das silagens produzidas com as plantas colhidas em estádios de maturação mais avançados pode sustentar níveis mais elevados de produção animal.

Tabela 1. Composição química de silagens confeccionadas com a parte aérea das plantas da variedade de sorgo sacarino BRS 506 colhidas aos sete, 14, 21 e 28 dias após o florescimento pleno

Item	Colheita (em dias após florescimento pleno)				EPM <sup>e</sup>	Efeito	
	7	14	21	28		Linear	Quadrático
MS <sup>a</sup> (%)	19,6	21,5	22,4	25,1	0,53	***	***
PB <sup>b</sup> (% MS)	8,5	8,1	7,2	6,8	0,19	***	***
FDN <sup>c</sup> (% MS)	64,9	62,9	61,3	57,3	0,90	***	**
FDA <sup>d</sup> (% MS)	35,5	33,9	34,5	29,8	0,70	**	**
Lignina (% MS)	5,3	5,2	5,6	5,6	0,09	NS	NS

<sup>a</sup>MS, matéria seca; <sup>b</sup>PB, proteína bruta; <sup>c</sup>FDN, fibra em detergente neutro; <sup>d</sup>FDA, fibra em detergente ácido; <sup>e</sup>EPM, erro padrão da média; NS, P>0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001.

Embora decrescentes com o avanço do estágio de maturação das plantas, os valores médios de PB observados para silagens deste estudo, de 8,5% a 6,8%, situaram sempre acima do valor 6,45% apresentado nas Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos (Valadares Filho et al., 2015) para a média de 138 resultados em estudos com silagens de sorgo. Este fato indicou uma vantagem potencial para as silagens confeccionadas com forragem da variedade de sorgo BRS 506 em relação às demais cultivares.

Houve efeito do estágio de maturação sobre o volume de gases produzidos pela fermentação dos CNF das silagens e sobre a produção de metano às 12 horas de fermentação (P<0,05). Para esses parâmetros foram notados aumentos lineares (P<0,05) à medida que houve progressão na maturação das plantas utilizadas para a ensilagem. Não foram verificados efeitos significativos do estágio de maturação sobre as produções de gases por carboidratos fibrosos (CF) ou sobre as produções totais de gases, sobre as taxas de produções de gases (por CF ou CNF) ou sobre o tempo de colonização das amostras, sendo notadas as médias de 121,2 e 170,8 mL/g MS, 0,0235 e 0,1379 mL/hora e 00h:41min:24s, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros cinéticos de fermentação ruminal e produção de metano *in vitro* de silagens confeccionadas com a parte aérea das plantas da variedade de sorgo sacarino BRS 506 colhidas aos sete, 14, 21 e 28 dias após o florescimento pleno

Item	Colheita (em dias após florescimento pleno)				EPM <sup>h</sup>	Efeito	
	7	14	21	28		Linear	Quadrático
vCF <sup>a</sup> (mL/g MS)	129,1	126,9	111,9	116,6	3,79	NS	NS
kCF <sup>b</sup> (mL/hora)	0,0221	0,0236	0,0239	0,0247	0,0008	NS	NS
TC <sup>c</sup> (h:min:s)	00:34:12	00:41:24	00:51:00	00:40:12	00:16:12	NS	NS
vCNF <sup>d</sup> (mL/g MS)	42,4	48,3	51,2	56,4	2,19	*	NS
kCNF <sup>e</sup> (mL/hora)	0,1478	0,1439	0,1261	0,1342	0,0072	NS	NS
vTotal <sup>f</sup> (mL/g MS)	171,5	175,3	163,5	172,9	2,53	NS	NS
vCH <sub>4</sub> <sup>g</sup> (mL/g MS)	3,9	5,1	5,1	6,1	1,21	*	NS

<sup>a</sup>vCF, volume da produção de gases pela fermentação de carboidratos fibrosos; <sup>b</sup>kCF, taxa da produção de gases pela fermentação de carboidratos fibrosos; <sup>c</sup>TC, tempo de colonização; <sup>d</sup>vCNF, volume da produção de gases pela fermentação de carboidratos não fibrosos; <sup>e</sup>kCNF, taxa da produção de gases pela fermentação de carboidratos não fibrosos; <sup>f</sup>vTotal, volume da produção total de gases; <sup>g</sup>vCH<sub>4</sub>, volume de metano às 12 horas de fermentação; <sup>h</sup>EPM, erro padrão da média; NS, P>0,05; \*P<0,05.

As ausências de variações (P>0,05) observadas para a maioria dos parâmetros da cinética ruminal *in vitro* e, em especial, para as produções acumuladas de gases às 96 horas de incubação, indicaram que as silagens avaliadas apresentaram comportamentos próximos quanto ao potencial para fermentação no rúmen. Por sua vez, a associação deste fato às diferenças (P<0,05) observadas para a produção de metano apontaram que, dependendo da estratégia de manejo adotada para a ensilagem desta variedade de sorgo, pode ocorrer



menor perda energética da silagem pelo metano quando esta é consumida pelos ruminantes e/ou pode-se aumentar a geração de produtos (leite, carne, pele, etc.) por unidade de metano gerado. Nessas duas situações verificou-se a possibilidade das estratégias de colheita desta forrageira avaliadas neste estudo interferirem em índices que aferem a eficiência na produção animal.

#### Conclusões

Considerando a faixa de maturação das plantas avaliada neste estudo, os resultados indicam que silagens de melhor valor nutritivo podem ser produzidas quando as plantas desta variedade de sorgo são colhidas em torno dos 21 dias após o florescimento pleno e que há possibilidade de alterar índices de eficiência da produção animal associadas à emissão de metano pelas estratégias de colheita desta forrageira.

#### Literatura citada

MACHADO, F.S.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RIBAS, M.N.; LOBATO, F.L.C.; VEIGA, I.R.F.M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L.G.R. Valor nutricional de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG, v.66, n.1, p.244-252, 2014.

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; MARTINS, R.G.R.; RODRIGUES, J.A.S. Potencial da técnica semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.4, p.1013-1020, 2003.

RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; TEIXEIRA, A.M.; VELASCO, F.O.; FARIA JÚNIOR, W.G.; PEREIRA, L.G.R.; CHAVES, A.V.; GONÇALVES, L.C.; McALLISTER, T.A. Production, nutritional quality and *in vitro* methane from *Andropogon gayanus* grass harvested at different maturities and preserved as hay or silage. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.27, n.3, p.330-341, 2014.

RODRIGUES, J.A.S.; TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; GUIMARÃES, A.S.; FERNANDES, L.O.; PAES, J.M.V. Sorgo forrageiro para silagem, corte e pastejo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v.35, n.278, p.73-81, 2014.

SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.; RODRIGUES, J.A.S.; COSTA, C.T.F.; OLIVEIRA, G.F. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars of silage production in the middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, PR, v.35, n.1, p.13-19, 2013.

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

SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.; CORRÊA, C.E.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BRITO, A.F.; MOURÃO, G.B. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 2. Avaliação do valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.28, n.1, p.21-29, 1999.

SKONIESKI, F.R.; NORNBERG, J.L.; AZEVEDO, E.B.; DAVID, D.B.; KESSLER, J.D.; MENEGAZ, A.L. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo de duplo propósito. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, PR, v.32, n.1, p.27-32, 2010.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L.; AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.R.; CAPELLE, E.R. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em: <<http://cqbal.agropccuaria.ws/wecqbal/index.php>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

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