

## Comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases

[Comparison among substrates with different soluble carbohydrates concentration using the *in vitro* semi-automatic gas production technique]

U.T. Nogueira<sup>1</sup>, R.M. Maurício<sup>2\*</sup>, L.C. Gonçalves<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinário autônomo

<sup>2</sup>Fundação Ezequiel Dias

Rua Conde Pereira Carneiro, 82

30510-010 – Belo Horizonte, MG

<sup>3</sup>Escola de Veterinária – UFMG - Belo Horizonte, MG

### RESUMO

Estudou-se a diferença entre a produção de gases (PG) e a degradação da matéria seca (DMS) para substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis avaliados pela técnica *in vitro* de produção de gases. Foram utilizados cinco substratos (cana-de-açúcar, silagem de milho, capim-colonião, milho em grão e ração comercial para vacas em lactação) antes e após a retirada parcial dos carboidratos solúveis (lavados). A PG foi maior e a DMS menor para o material lavado. A concentração de carboidratos solúveis influenciou os resultados obtidos pela técnica de produção de gases.

Palavras-chave: *in vitro*, carboidratos solúveis, gases, fibra, DMS

### ABSTRACT

The difference between the gas production (GP) and the dry matter degradation (DMD) of substrates with different amounts of soluble carbohydrates using the *in vitro* gas production technique was studied. Five substrates (sugarcane, maize silage, Panicum maximum grass, corn grain, 20% CP commercial lactating cow ration and soybean meal) and the same substrates with part of its soluble carbohydrate removed (washed materials) were evaluated. The GP was higher and DMD was lower for washed materials than for the original materials. The carbohydrate concentration affects the results of the gas production technique.

Keywords: *in vitro*, prediction, gas, fiber, DMD

### INTRODUÇÃO

As técnicas que avaliam a qualidade dos substratos utilizados na nutrição de ruminantes, através do volume de gases produzidos (PG) obtidos durante a fermentação *in vitro*, vêm se destacando devido ao baixo custo e à grande quantidade de alimentos avaliados (Getachew et

al., 1998). Entretanto, sabe-se que a relação acetato:propionato obtido para substratos semelhantes pode alterar o volume de gases (Blümmel et al., 1997) e, conseqüentemente, proporcionar interpretações errôneas em relação aos resultados observados durante a fermentação de substratos obtidos pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Mould, 2000; Nogueira et al., 2004).

---

Recebido em 24 de agosto de 2005

Aceito em 3 de maio de 2006

\*Autor para correspondência (*corresponding author*)

E-mail: rogerio.mauricio@funed.mg.gov.br

Substratos com maior capacidade de produção de acetato (maior concentração de fibra em sua composição bromatológica) produzem maior quantidade de gases quando comparados aos substratos ricos em amido os quais proporcionam maior produção de propionato e, conseqüentemente, menor produção de gases (Blümmel et al., 1997).

Segundo Van Soest (1994), a formação do propionato ( $\text{glicose} + 2\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{propionatos}$ ) é a única via que envolve a captura do hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) e não envolve a formação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) além de não contribuir para a formação dos gases mensurados pela técnica. Portanto, para comparar os dados de PG entre diferentes substratos, faz-se necessário verificar as diferenças nas relações do acetato:propionato para os substratos analisados (Groot et al., 1996).

Este experimento teve como objetivo estudar as variações e possíveis erros de interpretação de resultados que podem ocorrer na relação entre produção de gases e degradação de substratos com diferentes concentrações de carboidratos solúveis.

## MATERIAL E MÉTODOS

Selecionaram-se cinco substratos com características distintas em sua composição química e deles retirado parte dos carboidratos solúveis, pela extração com água, e analisados conforme a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Maurício et al., 1999). Portanto, foram analisados o material original e o material "lavado".

O material utilizado para avaliação da técnica de produção de gases e degradação da matéria seca foi: cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), silagem de milho, capim-colônia (*Panicum maximum*), concentrado comercial com 20% de PB e milho em grão.

Para retirada parcial dos compostos solúveis, aproximadamente 10 gramas de cada material original, foram colocados em cadinhos de porosidade 1 (50ml), em seguida, conectados à bomba de vácuo para filtração, o material original foi lavado com água destilada à temperatura de 39°C, submetido à agitação com bastão de vidro para homogeneização da

amostra, durante tempo suficiente para que a água descartada se mostrasse clara e sem material em suspensão. Em seguida, o material foi seco em bandejas de alumínio e levado para estufa de ventilação forçada a 50°C, durante 24 horas.

A fermentação foi realizada em frascos (160ml) previamente lavados com água destilada e secos em estufa, segundo a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases descrita por Maurício et al. (1999). Para maior confiabilidade dos dados, foram utilizados três frascos por tratamento (réplicas). O meio de cultura foi preparado segundo Theodorou et al. (1994), no dia anterior à inoculação. Para evitar qualquer tipo de fermentação indesejável, os frascos foram colocados em geladeira e mantidos a 4°C durante a noite. Cinco horas antes da inoculação, os frascos foram removidos da geladeira e levados para estufa a 39°C.

A inoculação foi feita utilizando líquido ruminal de um bovino adulto, macho castrado, mestiço holandês, mantido em dieta à base de silagem de milho, dois quilos de concentrado comercial contendo 20% de PB e sal mineral e água à vontade. A adaptação do animal à dieta ocorreu nos 15 dias anteriores à coleta.

No laboratório, o líquido ruminal foi filtrado ao ser passado em uma peneira de náilon, sob injeção contínua de  $\text{CO}_2$ , e mantido em banho-maria a 39°C. Em cada frasco, 10ml do inóculo foram injetados mediante uso de uma seringa graduada e agulha. Logo após a injeção do inóculo, a agulha foi mantida na tampa de cada frasco por alguns segundos para que eventuais gases injetados ou mesmo formados dentro do frasco fossem eliminados obtendo-se a pressão zero. Em seguida, os frascos foram manualmente agitados e colocados em estufa a 39°C (tempo zero).

A pressão originada dos gases acumulados na parte superior dos frascos foi medida por um transdutor de pressão conectado a um leitor digital. As leituras foram tomadas em maior frequência (2h) durante o período inicial da fermentação (período de latência) e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas). A pressão formada no interior dos frascos foi medida através da inserção da agulha acoplada ao transdutor de

### Comparação de substratos...

pressão à tampa de silicone e posteriormente transformada em volume, segundo equação desenvolvida por Maurício et al. (2001). O transdutor foi então removido, e a agulha mantida inserida à tampa por alguns segundos para completa estabilização entre pressão interna e externa. Esse processo foi repetido em todos os frascos de cada bandeja (28 frascos por bandeja), e estas posteriormente agitadas manualmente e recolocadas na estufa.

No final de cada período pré-determinado da fermentação (2, 4, 6, 12, 24, 48 e 96 horas) os frascos foram removidos da estufa e levados para geladeira (4°C). O material sólido e líquido de cada frasco foi filtrado em cadinhos de filtragem (porosidade 1) usando-se uma bomba de vácuo. A matéria seca degradada foi determinada pela secagem a 100°C, até obtenção de peso constante.

O modelo de France et al. (1993) foi utilizado para descrever a curva de produção de gases em termos de taxa de produção de gases ( $\mu$ ), período de latência (L), potencial de produção de gases

(A) e o tempo para atingir a metade da assíntota (T/2).

Utilizou-se o fator de partição (FP) de acordo com Blümmel et al. (1997) para comparar substratos com diferentes relações entre PG e DMS.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de análises bromatológicas das amostras de silagem original e silagem do lavado (Tab. 1), observou-se maior quantidade de PB no material original (6,8%) em relação ao lavado (4,6%). Isso se deveu ao procedimento de lavagem, no qual a proteína solúvel pode ter sido removida pela água. Ocorreu aumento na FDN e FDA no material lavado (61,8% e 34,3 respectivamente) em relação ao material original (49,6 e 27,3%, respectivamente), devido à retirada de compostos solúveis presentes na silagem, desse modo, a concentração de fibras tendeu a aumentar, já que grande parte dela é insolúvel em água.

Tabela 1. Composição bromatológica do material original e lavado

Material	MS	PB	FDN	FDA	CHO solúveis
Silagem original	91,3	6,8	49,6	27,3	0,4
Silagem lavado	91,3	4,6	61,8	34,4	0,1
Cana original	92,1	0,6	49,6	27,9	59,0
Cana lavado	92,1	1,2	87,9	50,9	2,1
Colonião original	90,2	7,8	75,8	47,4	1,3
Colonião lavado	90,5	6,4	85,1	53,1	0,3
Concentrado original	89,4	20,2	38,9	17,3	2,2
Concentrado lavado	88,1	15,2	48,8	22,6	0,6
Milho original	92,1	7,4	8,6	1,7	0,4
Milho lavado	88,3	4,8	10,9	2,4	0,2

MS= matéria seca; PB= proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; CHO solúveis= carboidratos solúveis.

Quanto à silagem, os baixos valores de CHO solúveis do material lavado (0,1%) e do original (0,4%) são atribuídos às fermentações ocorridas nos silos anaeróbios, quando a maioria dos carboidratos foram utilizados para produção de AGVs (Van Soest, 1994). Os menores valores de CHO solúveis do material lavado devem-se à retirada dos CHO ainda restantes na amostra. Segundo Strobel e Russel (1986), a fermentação dos CHO solúveis presentes na silagem de milho pelos microrganismos do rúmen produz uma

certa quantidade de propionato. Os valores de PG no material original e no lavado foram 263 e 278ml, respectivamente, ao final de 96 horas de fermentação (Tab. 2). A menor produção de gases do material original quando comparado à do material lavado, deve-se à maior produção de propionato, a qual tende a produzir menor quantidade de gases, principalmente nos tempos finais da fermentação, quando a fibra seria fermentada, com aumento na produção de acetato.

Tabela 2. Produção de gases (PG; ml), degradação da matéria seca (DMS; %) e fator de partição (FP) da fermentação da silagem de milho durante 96 horas, utilizando material original e lavado

Hora	Original			Lavado		
	PG	DMS	FP*	PG	DMS	FP*
96	263	77	3,4	278	68	4,1
48	233	72	3,2	236	60	4,0
24	174	60	2,9	172	42	4,1
12	91	41	2,2	85	27	3,2
6	46	38	1,2	35	20	1,7
4	26	26	1,0	19	11	1,8
2	11	23	0,5	8	10	0,9

(\*) Fator de partição (PG/DMS).

Com relação à DMS, foram obtidos valores de 77 e 68% no tempo de 96 horas para o material original e lavado, respectivamente (Tab. 2). Faria et al. (2002) observaram, para a mesma amostra de silagem original, valores de 250ml de PG e 80% de DMS. Apesar de próximos aos encontrados neste experimento, mostram uma variação na relação PG/DMS, pois Faria et al. (2002) encontraram, para a mesma amostra, menores valores de PG e maiores de DMS. Essa diferença pode ser atribuída à utilização de inóculos diferentes e, portanto, com diferente eficiência na produção de adenosina trifosfato (ATP) e de degradação da fibra (Getachew et al., 1998; Van Soest, 1994).

No material lavado, ocorreu o maior potencial de produção de gases (A) (Tab. 3). O inverso aconteceu com a DMS, na qual o material original foi superior ao lavado, ou seja, o material original apresentou maior quantidade de material solúvel e, conseqüentemente, maior degradação.

A DMS do material lavado (Fig. 1) foi menor que a do material original durante toda a fermentação. Porém, a produção de gases do material lavado, nos tempos superiores a 48 horas, superou a do PG do material original (Tab. 2). O fator de partição (PG/DMS) do material lavado foi sempre maior do que o fator de partição (FP) do material original, demonstrando haver maior PG e menor DMS. Esses valores sugerem a interferência dos carboidratos solúveis na PG, reforçando a hipótese de que substratos com diferentes concentrações acetato:propionato podem levar a erros na interpretação de

resultados, ou seja, a seleção de substratos com maior PG, porém com menor valor nutricional.

Tabela 3. Potencial de produção de gases (A), fase de latência (L), taxa de produção de gases ( $\mu$ ), T/2<sup>1</sup> e degradação da matéria seca (DMS) em 96 horas<sup>1</sup>

Material	A	L	T/2	$\mu$	DMS%
Silagem original	262	0,82	17,1	0,036	77
Silagem lavado	275	1,00	18,9	0,033	68
Cana original	261	1,65	14,5	0,056	70
Cana lavado	186	3,29	34,0	0,016	47
Colonião original	250	1,98	17,8	0,028	74
Colonião lavado	269	4,36	25,9	0,013	66
Concentrado original	296	2,20	15,4	0,026	87
Concentrado lavado	323	3,03	18,3	0,019	85
Milho original	357	2,09	14,1	0,029	97
Milho lavado	372	2,47	15,9	0,024	96
Soja original	254	1,92	14,0	0,020	96
Soja lavado	238	3,26	18,0	0,021	99

<sup>1</sup> Tempo necessário para atingir metade da assíptota.

<sup>2</sup> Modelo de France et al. (1993).

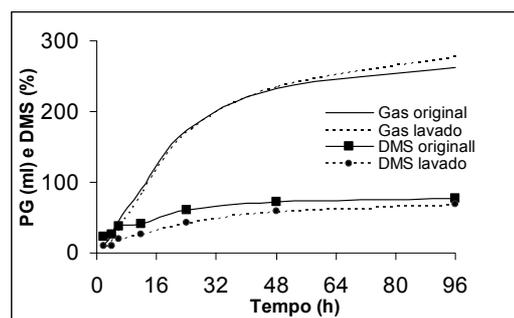


Figura 1. Produção cumulativa de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) da silagem de milho ao final de 96 horas.

Quanto à PB da cana-de-açúcar (Tab. 1), no processo de lavagem aconteceu o inverso ao ocorrido com os demais substratos analisados. Após a extração parcial dos compostos solúveis, houve aumento na porcentagem de proteínas (0,6 para 1,2%), que pode ser explicado pelo fato de a proteína da cana-de-açúcar estar ligada à fibra (nitrogênio insolúvel em detergente ácido - NIDA). Portanto, o procedimento de lavagem não foi capaz de retirar a PB da cana-de-açúcar, o que propiciou aumento na sua porcentagem.

Quanto às fibras, semelhante ao ocorrido com a silagem de milho após a lavagem, houve aumento na porcentagem de FDN e FDA. Foram

### Comparação de substratos...

obtidos valores de 49,6 e 27,9% de FDN e FDA para o material original, e 87,9 e 50,9% para o lavado respectivamente.

Na determinação dos carboidratos solúveis da cana-de-açúcar, observou-se grande concentração (Tab. 1) no material original (59,0%). Após o procedimento de lavagem, a amostra apresentou apenas 2,1% de CHO solúveis.

Os valores de PG da cana-de-açúcar encontrados pela técnica *in vitro* de produção de gases (Mauricio et al., 1999) mostraram-se condizentes com os encontrados na literatura, apesar de não terem sido encontrados resultados que empregassem a técnica de lavagem conforme utilizada neste experimento.

O comportamento da fermentação e da degradação das amostras de cana-de-açúcar pode ser visto na Fig. 2. A produção de gases do tratamento lavado nos tempos finais da fermentação não foi superior à do tratamento original. Esse fato deveu-se à baixa qualidade da fibra da cana-de-açúcar, que possui grande quantidade de lignina, aproximadamente 10% na MS (Valadares Filho et al., 2002), não permitindo que, mesmo com maior produção proporcional de acetato em relação ao propionato, a produção de gases do material lavado superasse à do material original. Para Strobel e Russel (1986), a fermentação da sacarose pelos microrganismos ruminais tende a formar principalmente ácido butírico. Segundo Getachew et al. (1998), o ácido butírico apresenta características intermediárias de produção de gases, ou seja, o butirato é capaz de produzir mais gases que o propionato, porém em menor quantidade que o acetato.

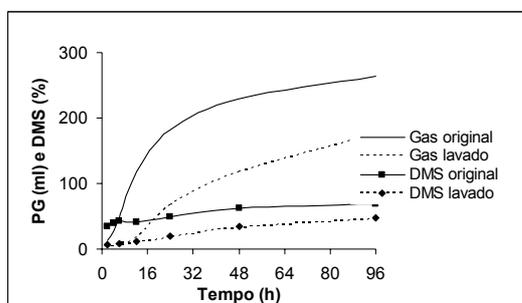


Figura 2. Produção cumulativa de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) da cana-de-açúcar ao final de 96 horas.

Quanto à degradação das amostras de cana-de-açúcar (Tab. 4), percebe-se que o material original apresentou, nos tempos iniciais (2 a 6 horas), altos valores de degradação (34 a 42%) quando comparados aos do material lavado (7 a 8%). A DMS do material original aumentou de 23%, enquanto a PG do mesmo material aumentou 269% (13 para 48ml). No material lavado, tanto a PG quanto a DMS foram mantidas constantes. O comportamento da DMS demonstra a solubilidade da sacarose e, conseqüentemente, sua perda durante a filtragem, ou seja, nos tempos iniciais da fermentação (2 a 6 horas), a degradação pode estar sendo superestimada e somente após 12 horas a fibra começa a ser degradada. A cinética de degradação da fibra do material lavado pode também ser observada na Fig. 2. No início da fermentação, a cinética da DMS do material lavado manteve-se relativamente constante, e a da PG do material lavado apresentou-se pequeno aumento em relação à do material original.

Tabela 4. Produção de gases (PG; ml), degradação da matéria seca (DMS; %) e fator de partição (FP) da fermentação da cana-de-açúcar durante 96 horas, utilizando material original e lavado

Hora	Original			Lavado		
	PG	DMS	FP*	PG	DMS	FP*
96	265	70	3,8	177	47	3,8
48	229	63	3,6	120	34	3,6
24	182	49	3,7	69	20	3,3
12	118	41	2,9	20	11	1,9
6	48	42	1,1	10	8	1,2
4	27	40	0,7	7	7	1,0
2	13	34	0,4	5	7	0,6

(\*) Fator de partição: PG/DMS.

Nogueira et al. (2003) citaram que erros na DMS de material com grande quantidade de material solúvel podem ser percebidos quando se analisam a PG e a DMS. A PG segue um padrão de aumento relativamente constante, enquanto a DMS permanece estável nos tempos iniciais.

Segundo Nogueira et al. (2003), a DMS de material com grande quantidade de compostos solúveis deve ser cuidadosamente analisada para que os dados não sejam interpretados de maneira errônea. Os autores sugeriram que a DMS de amostras com grande quantidade de material solúvel ou de alimentos concentrados finamente moídos pudesse ser estimada pela PG, pois a PG

é mensurada em um sistema fechado, sem perda de material potencialmente fermentável.

Com relação ao capim-colonião, observou-se diminuição da porcentagem de PB (Tab. 1) do material lavado (6,4%) em relação à porcentagem do material original (7,8%). Tal variação deveu-se à perda de proteína solúvel pelo tratamento de lavagem aplicado.

Os valores de FDN (85,1%) e FDA (53,1%) do material lavado foram superiores aos do material original (75,8 e 47,4%, respectivamente). Isso é atribuído à retirada de parte dos compostos solúveis e conseqüente aumento da porcentagem de FDN e FDA. O material original apresentou valores de 1,3% de CHO solúveis, enquanto o material lavado apenas 0,32%.

A PG e a DMS do capim-colonião (Tab. 5) diferiram quando se retirou a maioria dos compostos solúveis, o que resultou em aumento na concentração de fibras. Esse fato, novamente, reforça a hipótese de que mudanças na relação acetato:propionato podem refletir na PG. Outro fator que poderia ter provocado aumento na PG do material lavado seria a retirada da proteína solúvel, pois a maior quantidade de proteína poderia levar à menor PG (Cone et al., 1996).

O potencial de PG (A) do material lavado (Tab. 3) foi superior ao do material original (269 e 250ml, respectivamente), enquanto a DMS do material original (74%) foi superior à do lavado (66%). Outros parâmetros (France et al., 1993) podem também ser analisados, tais como o menor tempo de colonização (L) e a maior taxa de produção de gases ( $\mu$ ) do material original. O material lavado apresentou maior *lag* e menor  $\mu$ , indicando a superioridade nutricional do material original, mesmo com o maior potencial de PG do material lavado.

A Fig. 3 permite visualizar o comportamento da PG e da DMS durante as 96h de fermentação. Após 48 horas, a PG do material lavado superou à do material original. Entretanto, a DMS do material lavado permaneceu inferior à do material original durante todo o período de fermentação.

Tabela 5. Produção de gases (PG; ml), degradação da matéria seca (DMS; %) e fator de partição (FP) da fermentação do capim-colonião durante 96 horas

Hora	Original			Lavado		
	PG	DMS	FP*	PG	DMS	FP*
96	255	74	3,4	266	66	4,0
48	224	65	3,2	222	57	3,9
24	167	56	3,0	146	39	3,7
12	79	40	2,0	52	18	2,9
6	30	33	0,9	17	14	1,2
4	19	24	0,8	11	12	0,9
2	9	21	0,4	6	12	0,5

(\*) Fator de partição: PG/DMS.

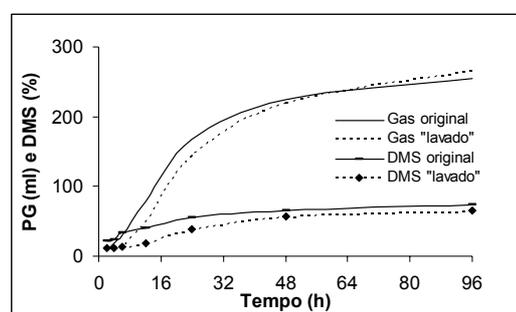


Figura 3. Produção cumulativa de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) do capim-colonião ao final de 96 horas.

A retirada parcial dos compostos solúveis provocou também alterações na composição bromatológica do concentrado comercial (Tab. 1). A porcentagem de PB reduziu de 20,2% para 15,2% e a de fibras aumentou de 38,9% para 48,8% para FDN, e de 17,3% para 22,6% para FDA, respectivamente. Novamente, a maior quantidade de fibras do material lavado deveu-se à retirada de compostos solúveis e ao conseqüente aumento da porcentagem de fibras. Houve redução dos CHO solúveis e 2,2% para 0,6% para o material original e para o material lavado.

A produção de gases (Tab. 6), ao final das 96 horas, do material original (301ml) foi menor que a do material lavado (328ml), porém, aquele apresentou degradação de 87% contra 85% deste.

### Comparação de substratos...

Tabela 6. Produção de gases (PG; ml), degradação da matéria seca (DMS; %) e fator de partição (FP) da fermentação do concentrado comercial durante 96 horas

Hora	Original			Lavado		
	PG	DMS	FP*	PG	DMS	FP*
96	301	87	3,4	328	85	3,9
48	280	83	3,4	298	81	3,7
24	221	73	3,0	218	65	3,4
12	108	52	2,1	88	39	2,2
6	45	44	1,0	30	30	1,0
4	27	35	0,8	18	25	0,7
2	13	30	3,4	9	23	0,4

(\*) Fator de partição: PG/DMS.

A PG do material lavado tendeu a superar a do material original após as primeiras 48 horas de fermentação. Esse fato deve-se, provavelmente, à fermentação da fibra, com possível aumento na produção de acetato. Nos tempos finais da fermentação (96 horas), a PG do material original foi menor devido à diminuição da porcentagem de fibra.

Outros parâmetros indicaram a superioridade nutricional do material original (Tab. 3). Entretanto, caso avaliada apenas pela produção total de gases (A), o lavado estaria classificado como superior ao original. O material original apresentou menor tempo de latência (L), maior  $\mu$  e menor T/2 que o lavado, indicando melhor valor nutricional deste, quando avaliado pela técnica *in vitro* semi-automática de PG.

Nas primeiras 48 horas de fermentação, a PG do material lavado superou a do original, porém, a DMS foi superior para o material lavado (Fig. 4).

A análise bromatológica do milho em grão revelou haver diferenças entre o material original e o lavado. Com relação aos CHO solúveis, houve redução de 0,4 para 0,2% após a lavagem. A porcentagem de PB sofreu redução de 7,4 para 4,8% após o tratamento. Quanto ao teor de fibras, houve aumento da porcentagem de FDN de 8,6 para 10,9% e da FDA de 1,7 para 2,4% após a retirada parcial dos compostos solúveis.

Os resultados encontrados para a PG e a DMS do milho em grão ao final de 96 horas foram de 365ml e 97%, respectivamente. Estes dados diferem dos encontrados por Andrade Filho et al.

(2003) que encontraram 259ml para a PG e 92% de DMS utilizando a mesma amostra de milho em grão. Esses valores podem ser devido à variação de inóculo nos animais doadores, pois Andrade Filho et al. (2003) utilizaram vacas que consumiam a mesma quantidade de concentrado, porém em pastejo de *Brachiaria brizantha*, ao invés de estarem consumindo silagem de milho fornecida em cochos de alimentação.

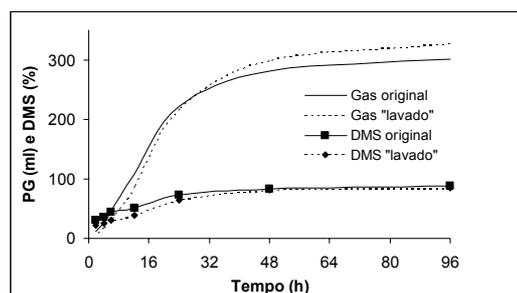


Figura 4. Produção cumulativa de gases (PG) e degradação da matéria seca (DMS) do concentrado comercial 20% proteína bruta ao final de 96 horas.

Nos dados da Tab. 7 demonstram-se que os valores de PG do material original (365ml) foram inferiores aos resultados de PG do material lavado (379ml). Segundo Hungate (1966), a produção de propionato pode consumir  $H_2$  do meio, diminuindo a PG dentro dos frascos. A produção de acetato tende a produzir  $CH_4$ , aumentando a pressão interna dos frascos e, conseqüentemente, aumentando a PG. Portanto, os açúcares solúveis presentes no material lavado tendem a produzir maior quantidade de propionato e menor PG quanto comparado à fermentação da fibra.

Na Fig. 5 mostram-se as diferenças entre a PG e a DMS do material original e do lavado. A PG do material lavado superou a do material original após 48 horas, porém a DMS permaneceu relativamente constante.

O material original apresentou degradação de 97%, enquanto o lavado, 96%. Este apresentou maior ou igual FP durante todos os tempos da degradação, ou seja, maior produção de gases e menor degradação para um determinado tempo (Tab. 7).

Tabela 7. Produção de gases (PG; ml), degradação da matéria seca (DMS; %) e fator de partição (FP) da fermentação do milho em grão durante 96 horas

Hora	Original			Lavado		
	PG	DMS	FP*	PG	DMS	FP*
96	365	97	3,7	379	96	3,9
48	343	90	3,8	351	90	3,9
24	284	82	3,4	276	74	3,7
12	146	56	2,6	129	50	2,6
6	48	44	1,1	40	36	1,1
4	24	35	0,7	21	27	0,8
2	10	30	0,4	9	26	0,4

(\*) Fator de partição: PG/DMS.

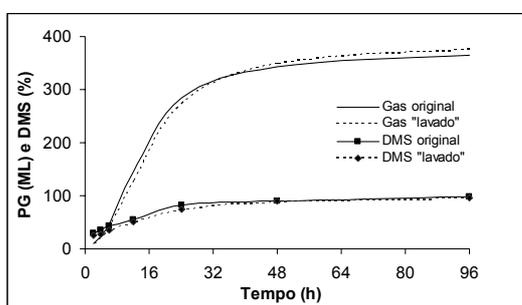


Figura 5. Produção cumulativa de gases (PG) e degradação da matéria seca do milho em grão ao final de 96 horas.

Pelo modelo de France et al. (1993), o material original apresentou valores inferiores de PG quando comparados ao do material lavado (Tab. 3). Caso somente esse parâmetro fosse avaliado, a amostra do material “lavado” seria considerada nutricionalmente superior.

O material lavado também apresentou maior tempo de colonização (L), devido ao menor conteúdo de carboidratos solúveis e prontamente disponíveis aos microrganismos ruminais. Segundo Hall (2000), os carboidratos solúveis têm maiores taxas de fermentação (20 a 40% por hora) que o amido (4 a 30% por hora), sendo o último muito variável em função de sua composição química.

O material lavado apresentou maior T/2 e menor  $\mu$ , indicando ser esse material nutricionalmente inferior, apesar da maior PG (Tab. 3).

## CONCLUSÕES

Os resultados mostram a importância de realizar a DMS em conjunto com a PG para que substratos que apresentam maior volume de gases, durante as fermentações *in vitro*, mas com inferiores porcentagens de DMS não sejam selecionados. Dessa forma, evitaram-se erros na avaliação de alimentos utilizados na nutrição de ruminantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE FILHO, R.; MAURÍCIO, R.M.; REIS, R.B. et al. The effect on ensiling corn grain genotypes on degradation kinetics and dry matter degradation evaluated by *in vitro* gas production technique. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003, Porto Alegre. *Anais...* SBZ, 2003 (CD ROM).
- BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. *J. Anim. Physiol. Nutr.*, v.77, p.24-34, 1997.
- CONE, J.W.; VAN GELDER, A.H.; VISSCHER, G.J.W. et al. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.61, p.113-128, 1996.
- FARIA, B.N.; REIS, R.B.; MAURÍCIO, R.M. et al. Efeito do propileno glicol e monensina sobre a produção de metano e gases obtida através de relações estequiométricas e da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais ... Recife*: SBZ, 2002 (CD ROM).
- FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. et al. A model to interpret gas accumulation profiles 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* measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.72, p.261-281, 1998.

### Comparação de substratos...

- GROOT, J.C.J.; CONE, J.W.; WILLIAMS, B.A. et al. Multiphasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.64, p.77-89, 1996.
- HAAL, M.B. *Neutral-detergent soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual*. University of Florida Extension Bulletin 339, April, 2000.
- HUNGATE, R.E. *The rumen and its microbes*. Nova York: Academic, 1966. p.533.
- MAURICIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.79, p.321-330, 1999.
- MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.; GONÇALVES, L.C. et al. Obtenção da equação quadrática entre volume e pressão para implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás para avaliação de forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. p.1340-1341.
- MOULD, F.L.; MAURICIO, R.M.; OWEN, E. Cumulative and rate of gas release profiles of pure carbohydrates fermented *in vitro* using the reading pressure technique. *Gas Production: Fermentation kinetics for feed evaluation and to assess microbial activity*. Wageningen International Conference Centre, Wageningen, The Netherlands, 2000. p.27-28.
- NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Comparação de substratos com diferentes concentrações de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004 (CD ROM).
- NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Prediction of DMD from gas production for substrates with high and low soluble carbohydrate content. In: SANDOVAL-CASTRO, C.A.; HOVEL, F.D.D.; ACOSTA, F.T. et al. (Org.). *Herbivores – BSAS Publication*. Nottingham, 2006, v.34, p.29-33.
- STROBEL, H.J.E.; RUSSEL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.*, v.69, p.2941, 1986.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.48, p.185-197, 1994.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 1.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University, 1994. 476p.