

SUBSTITUIÇÃO DE SILAGEM DE MILHO POR CANA-DE-AÇÚCAR E CAROÇO DE ALGODÃO NOS PARÂMETROS RUMINAIS, SÍNTESE DE PROTEÍNA MICROBIANA E UTILIZAÇÃO DOS NUTRIENTES EM VACAS LACTANTES

ALEXANDRE VAZ PIRES,^{1*} IVANETE SUSIN,¹ JOSÉ MANUEL CORRÊA DE SIMAS,²
FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS,¹ CLAYTON QUIRINO MENDES,³
REINALDO CUNHA DE OLIVEIRA JUNIOR,⁴ JULIANO JOSÉ DE REZENDE FERNANDES⁵ E
RAFAEL CANONENCO DE ARAUJO³

-
1. Professor doutor do Departamento de Zootecnia, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias no 11, Cx. Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP.
 2. PhD, Elanco Saúde Animal.
 3. Engenheiro agrônomo M. Sc., doutorando em Ciência Animal e Pastagens, Departamento de Zootecnia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.
 4. Professor doutor da Escola de Veterinária/Departamento de Produção Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.
 5. Professor doutor da Universidade Estadual de Goiás, Faculdade de Zootecnia – São Luiz dos Montes Belos, GO.
- * Autor correspondente: E-mail: alvpires@esalq.usp.br

RESUMO

Utilizaram-se cinco vacas holandesas pluríparas (525,91 kg PV e média de 85 dias de lactação) distribuídas em delineamento quadrado latino 5 x 5 para avaliação da substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar. Os animais foram canulados no rúmen e duodeno proximal, sendo alimentados com rações contendo 50% de concentrado e 50% de volumoso na base seca. Os tratamentos consistiram na substituição gradativa da silagem de milho por cana-de-açúcar picada (planta inteira) mais caroço de algodão, nas seguintes proporções: 100:0 (controle); 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100, com base na MS da ração. O consumo de matéria seca das vacas alimentadas com as rações 100%, 75% e 50% de silagem de milho foi maior ($P < 0,05$) do que o das vacas alimentadas com 25% e 0% de silagem de milho. A degradabilidade ruminal e a digestibilidade total da

fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido não diferiram ($P > 0,05$) entre os tratamentos. A digestibilidade total da proteína bruta das rações em que houve substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar mais caroço de algodão até o teor de 50% foi menor do que a das rações com 75% e 100% de cana-de-açúcar. A concentração de amônia ruminal decresceu ($P < 0,05$) com a inclusão de cana-de-açúcar mais caroço de algodão. A concentração de ácido acético, propiônico, butírico e de ácidos graxos voláteis totais aumentou ($P < 0,05$) com a substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar até 50%. A silagem de milho pode ser substituída por cana-de-açúcar até o teor de 50% do volumoso sem efeitos negativos na utilização de nutrientes por vacas leiteiras produzindo até 18 litros de leite/dia.

PALAVRAS-CHAVES: Ácidos graxos voláteis, FDN, digestibilidade.

ABSTRACT

REPLACEMENT OF CORN SILAGE BY CHOPPED SUGARCANE PLUS WHOLE COTTONSEED ON RUMINAL PARAMETERS, MICROBIAL PROTEIN PRODUCTION, AND NUTRIENT DIGESTIBILITY IN LACTATING COWS

Five multiparous Holstein cows averaging 525.91 kg BW and 85 days in milk were assigned in a 5 x 5 Latin

square to evaluate the effects of corn silage replacement by sugarcane plus whole cottonseed. Cows were cannulated

in the rumen and proximal duodenum and were fed a 50:50 concentrate:forage diet (DM basis). Treatments were defined by the replacement of corn silage by chopped sugarcane (whole plant) plus whole cottonseed in the following proportions: 100:0 (control); 75:25; 50:50; 25:75; 0:100 in the DM basis. Dry matter intake (DMI) of cows fed 100, 75, and 50% corn silage diets was higher ($P<0.05$) than DMI of cows fed 25 and 0% corn silage. Ruminant degradability and total tract digestibility of neutral detergent fiber and acid detergent fiber were not affected ($P>0.05$) by treatment diets. Total digestibilities of crude protein in

diets containing up to 50% of sugarcane were lower than in diets containing 75 or 100% of sugarcane. Ruminant ammonia concentration decreased ($P<0.05$) with sugarcane and whole cottonseed inclusion. Concentrations of acetic, propionic and butyric acids as well as total volatile fatty acids concentration were higher ($P<0.05$) with sugarcane inclusion up to 50% level. Corn silage can be replaced by sugar cane plus whole cottonseed up to 50% level of forage in the diet without negative effect on nutrient utilization by dairy cows producing up to 18 kg milk/day.

KEY WORDS: Digestibility, NDF, volatile fatty acid.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é um dos mais importantes recursos forrageiros utilizados no Brasil para a alimentação de ruminantes durante o período seco do ano. O grande potencial de produção de massa verde (80 a 120 t/ha) é um dos principais fatores que estimulam o uso da cana-de-açúcar na nutrição de ruminantes (PEDROSO et al., 2004). Simulações de NUSSIO & MATTOS (2000) e NUSSIO et al. (2002) indicaram que o uso desse alimento foi uma das opções mais interessantes para a minimização dos custos de rações e, conseqüentemente, de produto animal. Contudo, a redução no custo de produção só se justifica caso a cana-de-açúcar possa promover desempenho animal adequado.

Apesar do seu excelente potencial forrageiro, existem alguns fatores que podem limitar o seu uso, principalmente na alimentação de animais de alta exigência, como vacas em lactação ou animais em crescimento. Dentre esses fatores, segundo VALADARES FILHO et al. (2006), podem-se citar o baixo teor de proteína (2,74%), o baixo teor de fósforo (0,06%) e a mediana digestibilidade (60,68%). Entretanto, ao se corrigir essas deficiências, e atendendo às exigências da categoria animal em questão, a cana-de-açúcar torna-se um recurso forrageiro bastante interessante (OLIVEIRA, 1999).

Com o amadurecimento da cana-de-açúcar ocorre aumento no teor de sacarose, tornando-a diferente das demais forrageiras tropicais, pois sua digestibilidade total não diminui com o avanço da maturidade. Além disso, seu valor nutritivo

mantém-se por períodos relativamente longos, possibilitando o seu uso durante toda a estação seca do ano (OLIVEIRA, 1999).

Uma das grandes limitações da utilização da cana-de-açúcar é sua baixa capacidade em promover consumo quando comparada a outras fontes de volumoso (MENDONÇA et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2006). Atribui-se a redução no consumo à baixa degradabilidade da fibra ou à baixa taxa de digestão e *turnover* da fibra da cana-de-açúcar no rúmen.

Digestibilidade da matéria orgânica (MO) pouco acima de 60% foi observada na Austrália por SIEBERT et al. (1976) quando utilizaram cana-de-açúcar suplementada com nitrogênio não-protéico (NNP) e farinha de carne. Esses autores concluíram que a digestibilidade em torno de 60% seria uma indicação de que praticamente somente o conteúdo celular é digerido, uma vez que esse componente perfazia um total de 57% da matéria seca (MS) da cana-de-açúcar utilizada. Por sua vez, BOIN & TEDESCHI (1993) encontraram valores médios de digestibilidade de MS para diferentes variedades entre 54% e 65%, sendo que os valores variaram em virtude das proporções de parede e conteúdo celular entre variedades.

O caroço de algodão, por sua vez, é utilizado com sucesso em rações para vacas de média a alta produção (COPPOCK et al., 1987). Trata-se de alimento que contém 20% de extrato etéreo (EE), 23% de proteína bruta (PB) e 44% de fibra em detergente neutro (FDN) e a efetividade física de sua fibra é comparável à de forragens (ARIELI, 1998).

De acordo com o NRC (2001), a silagem de milho possui 68,8% de nutrientes digestíveis totais

(NDT), enquanto, segundo VALADARES FILHO et al. (2006), a cana-de-açúcar possui 62,7% de NDT. Por causa do maior teor de energético da silagem de milho em relação à cana-de-açúcar, à medida que se acrescentou cana-de-açúcar na ração, também se adicionou caroço de algodão, retirando-se, para isso, parte do milho moído. Dessa forma, procurou-se formular rações com teores iguais de uréia e com valores aproximados de PB e energia líquida de lactação.

Assim, o objetivo do presente trabalho é o de avaliar a substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar mais caroço de algodão na ração (50:50 de volumoso:concentrado) de vacas holandesas pluríparas em lactação sobre a degradabilidade dos nutrientes no rúmen e a digestibilidade dos nutrientes, tanto no intestino como no trato digestivo total. Além disso, determinaram-se também a concentração de ácidos

graxos voláteis (AGV), o pH do fluido ruminal e a síntese de proteína microbiana.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se cinco vacas holandesas pluríparas (525,91 kg PV e média de 85 dias de lactação) em delineamento quadrado latino 5 x 5. Canularam-se os animais no rúmen e duodeno proximal. A produção média diária dos animais era de 16 kg de leite por dia, com produção máxima de 18 kg/dia.

Alimentaram-se as vacas com rações contendo 50% de concentrado e 50% de volumoso na base seca, determinando-se os tratamentos mediante a substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar picada (planta inteira) na base seca, com as seguintes proporções: 100:0 (controle); 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100 (Tabela 1).

TABELA 1. Proporção dos ingredientes e composição química das rações (% MS)

Variáveis	Tratamentos ⁽¹⁾				
	100% SM	75% SM 25% C	50% SM 50% C	25% SM 75% C	100% C
Ingredientes					
Silagem de milho	50,0	37,5	25,0	12,5	-----
Cana-de-açúcar	-----	12,5	25,0	37,5	50,0
Milho moído	26,7	21,7	16,7	11,7	6,7
Farelo de soja	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Caroço de algodão	-----	5,0	10,0	15,0	20,0
Minerais	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Uréia	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Composição química					
Matéria seca	46,15	46,07	45,23	45,17	45,41
Proteína bruta	18,24	18,39	17,45	18,51	17,42
Extrato etéreo	3,50	4,07	4,52	4,94	5,43
Cinzas	6,70	6,10	6,26	6,42	6,00
FDN ⁽²⁾	27,36	28,29	30,73	29,88	33,70
FDA ⁽³⁾	17,29	18,60	20,85	20,54	24,28
Lignina	2,82	3,05	3,93	3,84	6,05
EL _L (Mcal/kg) ⁽⁴⁾	1,79	1,74	1,69	1,66	1,62

1. Porcentagens baseadas na proporção de volumoso das rações. SM = silagem de milho; C = cana-de-açúcar; (2) FDN = fibra em detergente neutro; (3) FDA = fibra em detergente ácido; (4) ELL = energia líquida de lactação, estimada pelo programa CNCPS Versão 5.0.40.

Constituiu-se cada período experimental de quatorze dias, sendo os primeiros dez dias para adaptação aos tratamentos e os quatro últimos dias utilizados para colheita de amostras.

As rações (Tabela 1) foram preparadas (ração completa) e fornecidas *ad libitum* duas vezes

ao dia, permitindo-se sobra de 5% do oferecido. Colheram-se amostras do alimento oferecido e recusado diariamente durante os últimos quatro dias e determinou-se o teor de MS para cálculo de consumo de MS (CMS).

Obtiveram-se as amostras de conteúdo ruminal no último dia de colheita de cada período, sempre 0, 2, 4, 6, 8 e 10 horas após o fornecimento do alimento da manhã, em quatro pontos distintos do rúmen. Após serem filtradas em quatro camadas de fraldas de algodão, as amostras foram conservadas a -20°C . Imediatamente após a colheita, procedeu-se às determinações de pH ruminal (potenciômetro digital).

Para a determinação de AGV, as amostras foram descongeladas e centrifugadas a 11.000 g e a 4°C durante vinte minutos, sendo transferida uma alíquota de 4 mL para um tubo de vidro para posterior análise. Utilizou-se um cromatógrafo líquido-gasoso (CLG) Hewlett Packard 5890, Series II (Hewlett Packard Company, Avondale, PA) equipado com HP Integrador (Hewlett Packard Company, Avondale, PA). Como padrão interno, utilizou-se o ácido 2-etilbutírico, adicionando-se 100 μL do padrão para 800 μL da mistura fluido ruminal e 200 μL de ácido metafosfórico nos tubos HP 5890 para leitura em cromatógrafo. Empregou-se nitrogênio como o gás de arraste, sendo as temperaturas do injetor, do detector e da coluna de 150°C , 190°C e 115°C , respectivamente.

O preparo das amostras para a determinação de NH_3 ruminal foi semelhante ao realizado para AGV, sendo efetuada análise de acordo com o método colorimétrico descrito por CHANEY & MARBACH (1962) e adaptado para uso em placas de microtítulo e leitura em aparelho do tipo Elisa Reader (absorbância de 550 nanômetros).

A partir do quarto dia de cada período, colocaram-se cinco gramas de óxido de cromo no rúmen via cânula ruminal, duas vezes ao dia, servindo como indicador de indigestibilidade. Determinaram-se as concentrações de cromo das amostras do duodeno e das fezes pelo método descrito por WILLIAMS et al. (1962).

Obtiveram-se as amostras de conteúdo duodenal a cada 4 horas, durante os quatro dias de colheita, com o tempo inicial avançado de 1 hora em cada dia subsequente. Amostras de fezes foram obtidas a cada 8 horas, durante os quatro dias de colheita, avançando 2 horas a cada dia subsequente. Congelaram-se as amostras do conteúdo duodenal e das fezes a -20°C , as quais,

depois de secas, foram compostas e moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm para posterior análise.

Procedeu-se à análise das amostras do alimento oferecido, alimento recusado, conteúdo duodenal e fezes para MS, matéria mineral (MM) e PB, segundo AOAC (2006), FDN segundo VAN SOEST et al. (1991), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina de acordo com GOERING & VAN SOEST (1970). A MO foi estimada subtraindo-se a MM da MS.

Para a determinação do nitrogênio bacteriano, obtiveram-se amostras de conteúdo duodenal a cada 4 horas após o fornecimento do alimento, nos dias 13 e 14 de cada período, sendo que no segundo dia de colheita adiantaram-se 2 horas em relação ao dia anterior, segundo CECAVA et al. (1990). Processaram-se as amostras de acordo com TICE et al. (1993). Após a liofilização, as amostras foram analisadas para determinação de nitrogênio, MO e purinas (USHIDA et al., 1985; ZINN & OWENS, 1986) com o intuito de quantificar o fluxo de proteína microbiana.

Calculou-se a digestibilidade ruminal verdadeira da MO pela seguinte fórmula:

$$\text{DRV}_{\text{MO}} = 1 - \frac{(\text{FT}_{\text{MO}} \text{ para o duodeno}) - (\text{FMic}_{\text{MO}} \text{ para o duodeno})}{(\text{consumo de MO})}$$

em que: DRV_{MO} = degradabilidade ruminal verdadeira da MO; FT_{MO} = fluxo total de MO e; FMic_{MO} = fluxo microbiano de MO.

Efetuuou-se o mesmo cálculo para a determinação da digestibilidade ruminal da PB.

O delineamento estatístico utilizado foi o quadrado latino 5 x 5. Para análise dos dados usou-se o modelo linear geral (SAS, 1991), e para a obtenção das médias, o comando LSMEANS. Analisaram-se os parâmetros ruminiais como *split plot*, para detecção de interações entre tratamentos no tempo. Consideraram-se as diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e tendências a 10%.

As diferenças estatísticas dos parâmetros foram determinadas utilizando-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + A_k + E_{ijk}$$

Em que: μ = média geral; T_i = efeito fixo da ração; P_j = efeito aleatório de período; A_k = efeito aleatório de animal; E_{ijk} = erro experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No final do último período uma vaca morreu de pneumonia. Conseqüentemente, para efeito de análise estatística, os dados desse animal no último período não foram incluídos.

O CMS (Tabela 2) das vacas alimentadas com as rações 100%, 75% e 50% silagem de

milho foi maior ($P > 0,05$) do que o CMS das vacas alimentadas com 25% e 0% de silagem de milho. MAGALHÃES et al. (2006) verificaram que para cada 1% de inclusão de cana-de-açúcar, em substituição à silagem de milho, houve redução de 0,0266 kg no CMS ($r^2 = 0,98$). COSTA et al. (2005) verificaram que vacas em lactação (587,2 kg PV) consumindo ração contendo 60% de silagem de milho ingeriram 19,32 kg de MS e produziram 20,81 kg leite/dia, enquanto as vacas (584,1 kg PV) consumindo ração contendo 60% de cana-de-açúcar ingeriram 15,77 kg de MS e produziram 16,90 kg leite/dia ($P < 0,05$).

TABELA 2. Média dos tratamentos da substituição da silagem de milho (SM) por cana-de-açúcar (C) mais caroço de algodão no consumo de nutrientes, na degradabilidade ruminal, e nas digestibilidades intestinal e total dos nutrientes para vacas em lactação

Variáveis	Tratamentos					EPM ⁽¹⁾
	100% SM	75% SM 25% C	50% SM 50% C	25% SM 75% C	100% C	
Matéria seca						
Consumo, kg/dia	14,86 ^a	14,31 ^a	14,30 ^a	11,84 ^b	11,37 ^b	0,82
Degrad. ruminal, % ⁽²⁾	35,30 ^b	37,30 ^b	34,60 ^b	42,90 ^a	38,14 ^b	2,11
Digest. intestinal, % ⁽³⁾	47,15	44,99	45,05	49,25	46,00	1,67
Digest. total, %	66,63 ^b	65,59 ^{bc}	64,18 ^c	68,95 ^a	66,88 ^{ab}	1,08
Matéria orgânica						
Consumo, kg/dia	13,82 ^a	13,61 ^a	13,50 ^a	11,63 ^b	10,43 ^b	0,99
Degrad. ruminal aparente, %	38,08 ^b	39,85 ^b	38,48 ^b	46,98 ^a	42,51 ^{ab}	2,1
Degrad. ruminal verdadeira, %	45,31 ^b	47,45 ^b	47,40 ^b	54,80 ^a	50,76 ^a	2,13
Digest. intestinal, %	46,46	44,90	43,65	43,32	44,01	1,50
Digest. total, %	67,04 ^b	67,01 ^b	65,38 ^c	70,04 ^a	68,02 ^{ab}	1,05
Proteína bruta						
Consumo, kg/dia	3,14 ^a	2,99 ^a	3,02 ^a	2,71 ^b	2,38 ^b	0,21
Degrad. ruminal aparente, %	35,15 ^{bc}	38,35 ^{ab}	28,90 ^c	42,27 ^a	31,81 ^{bc}	3,14
Degrad. ruminal verdadeira, %	39,69 ^{bc}	42,67 ^{ab}	33,87 ^c	46,31 ^a	36,58 ^{bc}	2,91
Digest. intestinal, %	59,08 ^b	56,94 ^b	61,99 ^{ab}	61,74 ^{ab}	67,56 ^a	2,73
Digest. total, %	74,20 ^b	73,59 ^b	73,29 ^b	79,16 ^a	78,15 ^a	1,41
Fibra em detergente neutro						
Consumo, kg/dia	4,05 ^a	4,04 ^a	4,46 ^a	3,79 ^{ab}	3,84 ^{ab}	0,34
Degrad. ruminal, %	47,68	44,32	42,50	43,68	43,67	2,81
Digest. total, %	47,38	44,39	42,02	43,50	44,13	2,54
Fibra em detergente ácido						
Consumo, kg/dia	2,56 ^{ab}	2,62 ^{ab}	3,03 ^a	2,61 ^{ab}	2,75 ^{ab}	0,19
Degrad. ruminal, %	46,17	41,09	38,84	40,91	41,05	2,59
Digest. total, %	47,46	41,46	39,61	41,61	41,67	2,67

⁽¹⁾ EPM = erro-padrão da média; a,b = médias seguidas de letras distintas nas linhas indicam diferenças significativas ($P < 0,05$); ⁽²⁾ Degrad = degradabilidade; ⁽³⁾ Digest = digestibilidade.

Segundo PRESTON (1982), a redução do CMS causada pela cana-de-açúcar é fruto da reduzida taxa de digestão e/ou baixa degradabilidade ruminal de sua fração fibrosa. MAGALHÃES et al. (2006) verificaram que a inclusão de cana-de-açúcar em substituição total à silagem de milho causou redução na taxa de passagem ruminal, passando de 5,84% por hora para 5,27% por hora, o que poderia comprovar a teoria de maior acúmulo de material indigestível no rúmen, dado o aumento do efeito de enchimento, provocando menor CMS.

A substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar até 50% do volumoso diminuiu ($P < 0,05$) a degradabilidade ruminal e a digestibilidade no trato digestivo total da MS e da MO (Tabela 2), provavelmente por causa do aumento na concentração de FDN e FDA nas rações de acordo com a inclusão de cana-de-açúcar. No entanto, nas rações com 25% e 0% de silagem de milho, houve aumento na degradabilidade e digestibilidade desses parâmetros, possivelmente associado à menor taxa de passagem, em virtude da diminuição no consumo de MS e MO. COSTA et al. (2005) não verificaram alteração na digestibilidade da MS quando substituíram 100% da silagem de milho pela mistura cana-de-açúcar mais 1% de uréia. Os valores observados por COSTA et al. (2005) para a digestibilidade foram 66,87% e 65,82% para o tratamento silagem de milho e cana-de-açúcar, respectivamente, valores esses semelhantes ao deste experimento.

Os valores da degradabilidade ruminal e da digestibilidade total da FDN e FDA (Tabela 2) não foram afetados ($P > 0,05$) pelas rações. Não se verificou o mesmo comportamento nos experimentos de MENDONÇA et al. (2004), COSTA et al. (2005) e MAGALHÃES et al. (2006), uma vez que esses autores verificaram redução significativa na degradabilidade da FDN, quando a silagem de milho foi totalmente substituída pela cana-de-açúcar. Uma explicação plausível para essa diferença pode estar no fato de que, nos três experimentos citados, se substituiu a silagem de milho por uma mistura de cana-de-açúcar e uréia, enquanto que no atual experimento utilizaram-se a cana-de-açúcar e o caroço de algodão.

Sabe-se que o caroço de algodão possui digestibilidade da FDN de 44,37% segundo VALADARES FILHO et al. (2006), e 48%, de acordo com PIRES et al. (1997). PALMQUIST (1995) verificou reduzida degradação da fibra do caroço de algodão nas 12 e 16 horas iniciais. Todavia, a extensão de degradação da sua fibra pode chegar a 90%. Assim, o menor CMS dos tratamentos com elevadas inclusões de cana-de-açúcar pode ter causado menor taxa de passagem ruminal, possivelmente pela maximização da degradação ruminal da FDN do caroço de algodão.

A digestibilidade total da PB nas rações com até 50% de substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar foi menor ($P < 0,05$) do que a digestibilidade das rações com 75% e 100% de cana-de-açúcar. O consumo de PB (Tabela 2), os fluxos de PB total, PB amoniacal e a PB não-amoniacal (Tabela 3) não diferiram ($P > 0,05$) quando a substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar se deu até 50% do volumoso (Tabela 3). Quando as substituições foram maiores, tanto o consumo (Tabela 2) como os fluxos de PB (Tabela 3) se apresentaram menores ($P < 0,05$), possivelmente pela diminuição no CMS.

Nas vacas alimentadas com 100% silagem de milho, a concentração ruminal de amônia foi superior ($P < 0,05$) quando comparada com as vacas alimentadas com 100% de cana-de-açúcar (Tabela 3). Uma possível explicação poderia ser porque a redução na concentração de amônia, com a inclusão de cana-de-açúcar, foi causada pela maior utilização do NNP para síntese de proteína microbiana, em virtude do maior teor de carboidratos rapidamente fermentáveis da cana-de-açúcar. Além disso, a menor concentração de amônia (Tabela 3) indica uma fermentação ruminal mais ativa e, possivelmente, mais energia sendo absorvida na forma de AGV, estando, assim, disponível para fins produtivos.

O fluxo de PB bacteriana (Tabela 3) foi menor ($P < 0,05$) para o tratamento 100% cana-de-açúcar, indicando uma fermentação ruminal menos intensa e menos eficiente. A menor taxa de passagem pode ter contribuído para a menor produção de PB bacteriana, já que, quanto menor o *turnover* ruminal, maior é a demanda energética

e, conseqüentemente, mais lento é o crescimento dos microrganismos ruminais (RUSSEL et al., 1992). O menor consumo de MO fermentável também pode ter limitado a disponibilidade de energia para os microrganismos ruminais. Outra possível explicação para o menor fluxo de PB bacteriana para o tratamento 100% cana-de-açúcar estaria no efeito tóxico da gordura do caroço de algodão sobre os microrganismos ruminais (VAN SOEST, 1994), já que foi este o tratamento com maiores inclusões de EE.

O fluxo de PB não-NH₃ (Tabela 3) apresentou-se menor (P<0,05) para os tratamentos contendo 75% e 100% de cana-de-açúcar, indicando

uma menor quantidade de proteína de origem alimentar que chega ao intestino. Certamente, o menor fluxo de PB não-NH₃ foi verificado em virtude da queda no CMS. O menor fluxo de PB bacteriana e de PB não-NH₃ para o tratamento contendo 100% cana-de-açúcar indica uma menor disponibilidade de aminoácidos no trato digestivo posterior, o que pode causar, muitas vezes, limitação na produção de leite.

As vacas alimentadas com 100% e 75% de silagem de milho tiveram pH ruminal inferior (P<0,05) às demais rações, sendo que a ração com 100% cana-de-açúcar foi a que proporcionou o pH ruminal mais elevado (Tabela 4).

TABELA 3. Média dos tratamentos da substituição da silagem de milho (SM) por cana-de-açúcar (C) mais caroço de algodão nos fluxos de matéria orgânica e proteína bruta, e na concentração de NH₃ ruminal em vacas em lactação

Variáveis ⁽¹⁾	Tratamento					EPM ⁽²⁾
	100% SM	75% SM 25% C	50% SM 50% C	25% SM 75% C	100% C	
Matéria orgânica						
Fluxo de MO total para o intestino, kg/d	8,60 ^a	8,46 ^a	8,32 ^a	6,28 ^b	5,97 ^b	0,58
Fluxo de MO bacteriana para o intestino, kg/d	1,00 ^{ab}	0,98 ^a	1,24 ^a	0,96 ^b	0,88 ^b	0,11
Fluxo MO alimentar, kg/d	7,60 ^a	7,48 ^a	7,08 ^{ab}	5,32 ^b	5,08 ^b	0,51
MO fecal, kg/d	4,56 ^a	4,75 ^a	4,68 ^a	3,53 ^b	3,31 ^b	0,28
Proteína bruta						
Fluxo PB total, kg/d	2,02 ^a	1,94 ^a	2,15 ^a	1,62 ^b	1,65 ^b	0,16
Fluxo PB NH ₃ , kg/d	0,14 ^a	0,14 ^a	0,15 ^a	0,11 ^b	0,12 ^b	0,01
Fluxo PB bact., kg/d	0,54 ^a	0,52 ^a	0,65 ^a	0,53 ^a	0,48 ^b	0,07
Fluxo PB não-NH ₃ , kg/d	1,89 ^a	1,80 ^a	2,00 ^a	1,51 ^b	1,53 ^b	0,07
Fluxo PB dietética, kg/d	1,34 ^a	1,28 ^a	1,35 ^a	0,97 ^b	1,06 ^b	0,10
NH ₃ ruminal mg/100 mL	25,53 ^a	22,52 ^{ab}	22,26 ^{ab}	20,89 ^{ab}	18,59 ^b	2,60

1. MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; PB NH₃ = proteína bruta sob a forma de amônia; PB bact. = proteína bruta bacteriana; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; ⁽²⁾EPM = erro-padrão da média; a, b = médias seguidas de letras distintas nas linhas indicam diferenças significativas (P<0,05).

TABELA 4. Média dos tratamentos da substituição da silagem de milho (SM) por cana-de-açúcar (C) mais caroço de algodão sobre o pH e a concentração de ácidos graxos voláteis (mmols/L) do fluido ruminal de vacas em lactação

Variáveis	Tratamentos					EPM ⁽¹⁾
	100% SM	75% SM 25% C	50% SM 50% C	25% SM 75% C	100% C	
pH	6,06 ^{cd}	6,03 ^d	6,13 ^b	6,27 ^b	6,48 ^a	0,05
AGV totais ⁽²⁾	112,67 ^b	121,97 ^{ab}	128,20 ^a	113,80 ^{ab}	108,6 ^b	4,34
Acético	70,41 ^{ab}	77,10 ^{ab}	79,38 ^a	72,31 ^{ab}	69,07 ^b	2,69
Propiônico	23,80 ^{ab}	24,80 ^{ab}	27,27 ^a	22,97 ^b	22,12 ^b	1,06
Butírico	11,91 ^{bc}	13,43 ^{ab}	14,47 ^a	12,28 ^{bc}	11,21 ^c	0,53
Isobutírico	1,27	1,19	1,47	1,34	1,29	0,08
Valérico	1,89	2,07	2,10	1,64	1,74	0,13
Isovalérico	3,38	3,38	3,51	3,24	3,20	0,16
Acético: propiônico	3,00 ^b	3,15 ^{ab}	3,05 ^{ab}	3,21 ^a	3,20 ^a	0,05

1. EPM = erro-padrão da média; a, b = médias seguidas de letras distintas nas linhas indicam diferenças significativas (P<0,05). ⁽²⁾AGV totais = ácidos graxos voláteis totais;

O aumento do pH com a substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar, possivelmente, é consequência da maior porcentagem de fibra nessas rações, o que deve ter estimulado a ruminação. O aumento na concentração de fibra decorreu do acréscimo de caroço de algodão na ração. Além disso, o menor consumo associado aos tratamentos com maiores inclusões de cana-de-açúcar diminuiu a quantidade de MO fermentável no rúmen. Outra possível explicação é a redução na concentração de amido, já que, à medida que se acrescentou cana-de-açúcar às rações, foi necessário reduzir a inclusão de milho moído, de forma a possibilitar a adição de uma fonte protéica com elevado teor de extrato etéreo (caroço de algodão).

MENDONÇA et al. (2004) não verificaram diferença no pH ruminal (pH = 6,7) três horas após o fornecimento de alimento, tanto para a ração contendo 60% de silagem de milho na MS como para a contendo 60% de cana-de-açúcar na MS. Da mesma forma, MAGALHÃES et al. (2006) não constataram variação no pH ruminal (pH = 6,74) quando se substituiu gradualmente a silagem de milho pela cana-de-açúcar para vacas em lactação.

As concentrações de ácido acético, propiônico, butírico e de AGV totais (Tabela 4) aumentaram ($P < 0,05$) com a substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar até 50%, o que concorda com o aumento também observado para o CMS, indicando uma melhora na fermentação ruminal, possivelmente graças à maior quantidade de carboidratos solúveis com a inclusão da cana-de-açúcar. No entanto, a relação acetato: propionato aumentou em virtude do maior teor de fibra nas rações contendo teores mais elevados de cana-de-açúcar, o que é consistente com o pH ruminal (Tabela 4), que também aumentou com os maiores teores de cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

A inclusão da mistura de cana-de-açúcar mais caroço de algodão promoveu queda no consumo de matéria seca quando comparado à silagem de milho. Até 50% de substituição, o

consumo de matéria seca manteve-se em padrões aceitáveis sem haver queda acentuada na digestibilidade dos nutrientes. Neste grau de substituição, constatou-se a maior produção de AGV totais, mostrando maximização da fermentação ruminal, sem o comprometimento de baixos valores de pH ruminal. O uso de caroço de algodão não trouxe benefícios quando se realizaram substituições de cana-de-açúcar por silagem de milho acima de 50%.

REFERÊNCIAS

- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, p. 97-110.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS — AOAC. *Official methods of analysis*. 18th ed. In: HORWITZ, W.; LATIMER Jr, G. W. (Ed). AOAC International, Gaithersburg, 2006.
- BOIN, C.; TEDESCHI, L. O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., Piracicaba-SP, 1993. **Cana-de-açúcar e seus subprodutos para bovinos**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 107-126.
- CECAVA, M. J.; MERCHEN, N. R.; GAY, L. C.; BERGER, L. L. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2480-2488, 1990.
- CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v. 8, n. 2, p. 130, 1962.
- COPPOCK, C. E.; LANHAM, J. K.; HORNER, J. A. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 18, p. 89-129, 1987.
- COSTA, M. G.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; MENDONÇA, S. S.; SOUZA, D. P.; TEIXEIRA, M. P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2437-2445, 2005.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis** (apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington: USDA, 1970. 20 p. (Agriculture Handbook, 379).

- MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; CABRAL, L. S.; MELLO, R.; FREITAS, J. A.; TORRES, R. A.; VALADARES FILHO, S. C.; ASSIS, A. J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 591-599, 2006.
- MENDONÇA, S. S.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; SOARES, C. A.; LANA, R. P.; QUEIROZ, A. C.; ASSIS, A. J.; PEREIRA, M. L. A. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 481-492, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 2001. 381 p.
- NUSSIO, L. G.; MATTOS, W. R. S. Alimentos volumosos para o período da seca. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 1., Goiânia, 2000. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2000. p. 85-100.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; PAZIANI, S. F. et al. Volumosos suplementares – estratégias de decisão e utilização. EVANGELISTA, A. R. et al. (Ed.) **Forragicultura e pastagens: temas em evidência**. 1 ed. Lavras: Editora UFLA, 2002. p. 193-232.
- OLIVEIRA, M. D. S. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. FUNEP, Jaboticabal, 1999. 128 p.
- PALMQUIST, D. L. Digestibility of cotton lint fiber and whole oilseeds by ruminal microorganisms. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 56, p. 231-242, 1995.
- PEDROSO, A. F.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L. G. Silagem de cana-de-açúcar no confinamento de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 242-259.
- PIRES, A. V.; EASTRIDGE, M. L.; FIRKINS J. L. Effects of heat treatment and physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and performance by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1685-1694, 1997.
- PRESTON, T. R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 54, n. 4, p. 877-884, 1982.
- RUSSEL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3551-3561, 1992.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT Users Guide**, 5th ed. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1991. 1028 p.
- SIEBERT, B. D.; HUNTER, R. A.; JONES, P. N. The utilization by beef cattle of sugarcane supplemented with animal protein, plant protein or non-protein nitrogen and sulfur. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 16, n. 83, p. 789-794, 1976.
- TICE, E. M.; EASTRIDGE, M. L.; FIRKINS J. L. Raw soybeans and roasted soybeans of different particle sizes. 1. Digestibility and utilization by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 224-235, 1993.
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J. P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of sample treatment and preservation. **Reproduction Nutrition Development**, Les Ulis Cedex, v. 25, n. 6, p. 1037-1046, 1985.
- VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2006. 329 p.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Comstock, Cornell University Press, 1994. 476 p.
- 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**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; LISMAA, O. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 59, n. 3, p. 381-385, 1962.
- ZINN, R. A.; OWENS, F. N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 66, n. 1, p. 157-166, 1986.