

Processamento da Cana-de-Açúcar: Efeitos sobre a Digestibilidade, o Consumo e a Taxa de Passagem¹

Jane Maria Bertocco Ezequiel², Mário Adriano Ávila Queiroz³, Rosemary Laís Galati⁴, Ana Rosália Mendes⁴, Expedita Maria de Oliveira Pereira⁵, Cristian Faturi⁵, Virgílio Franco do Nascimento Filho⁶, José Valmir Feitosa⁷

RESUMO - O objetivo neste trabalho foi estudar o efeito do tratamento alcalino da cana-de-açúcar com hidróxido de sódio (1,5 a 50% de NaOH) sobre a digestibilidade total e o consumo de matéria seca das dietas experimentais e as taxas de passagem das canas-de-açúcar. Foram utilizados quatro bovinos mestiços (Zebu x Holandês) alimentados com canas-de-açúcar *in natura*, hidrolisada, hidrolisada fenada e hidrolisada ensilada como fontes volumosas, constituindo 70% das dietas. O tratamento alcalino foi mais eficiente na fração fibra, proporcionando aumentos de pelo menos 45% na digestibilidade. Os aumentos de 25,0 e 16,7% no consumo das dietas contendo as cana-de-açúcar hidrolisada (1,5% PV) e hidrolisada fenada (1,4% PV) provavelmente foram influenciados pela maior digestibilidade da fibra. Os valores estimados de taxa de passagem ruminal no ceco-cólon e o tempo de retenção em cada compartimento não diferiram entre as cana-de-açúcar *in natura*, hidrolisada e hidrolisada fenada. Entretanto, para a cana-de-açúcar hidrolisada ensilada, observaram-se as menores taxas (1,5 e 7,4%/h) e o maior tempo de retenção (71,4 horas). Concluiu-se que o tratamento alcalino com hidróxido de sódio, com ou sem fenação, melhorou a digestão da fibra da cana-de-açúcar no trato digestivo total e proporcionou acréscimo do consumo de matéria seca da cana-de-açúcar hidrolisada, sem afetar a taxa de passagem. Entretanto, a posterior ensilagem pode não trazer esses benefícios.

Palavras-chave: bovinos, fibra, hidrólise, tratamento alcalino, volumoso

Effects of Sugar Cane Processing on Digestibility, Intake and Rate of Passage

ABSTRACT - Four crossbred bovines (Zebu x Holstein) fed *in nature*, hydrolyzed, hydrolyzed sugar cane hay and silage as roughage sources constituting 70% of the diets were used to study the effect of alkali treatment of sugar cane (1.5% of NaOH at 50%) on dietary total digestibility and dry matter intake and rate of passage of sugar canes. The fiber was the most influenced fraction by the alkali treatment and increased at least by 45% of digestibility. The increases of 25.0 and 16.7% on intake of hydrolyzed- (1.5% BW) and hydrolyzed sugar cane hay-based diets (1.4% BW) were probably influenced by the higher fiber digestibility. The estimated values of ruminal and cecco-colon rate of passage and retention time in each treatment did not differ among *in nature*, hydrolyzed and hydrolyzed sugar cane hay-based diet, whereas the lowest rates (1.5 and 7.4%/h) and highest retention time (71.4 hours) were observed for the hydrolyzed silage. It was concluded that alkali treatment with sodium hydroxide, with or without sugar cane hay, increased fiber digestion of hydrolyzed sugar cane in total tract and increased intake, without effect on passage rate. However, post ensilage of hydrolyzed sugar cane could not show effects.

Key Words: alkali treatment, bovines, fiber, hydrolysis, roughage

Introdução

A crescente demanda de alimentos de origem animal para a população tem levado produtores e pesquisadores à busca por novas alternativas de alimentação para os animais. Os animais de grande porte, em especial os ruminantes, necessitam de duas grandes fontes de alimentação, o volumoso e o concentrado. No entanto, o valor desses alimentos repre-

senta parcela significativa no custo de produção de carne e/ou de leite.

O fornecimento de cana-de-açúcar como suplemento volumoso no período de estiagem é uma das práticas mais interessantes, considerando-se a disponibilidade de forragem neste período crítico. Entre todas as gramíneas tropicais, a cana-de-açúcar detém a produção máxima, com aproximadamente 86 toneladas de MS/ha/ano (Franzolin Neto et al., 1989). As

¹ Projeto Financiado pela FAPESP.

² Docente do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp/Jaboticabal. E.mail: janembe@fcav.unesp.br

³ Mestre em Zootecnia pela FZEA/USP, Doutorado na ESALQ/Piracicaba. E.mail: marioqueiroz@hotmail.com

⁴ Doutoradas em Zootecnia pela FCAV/Unesp.

⁵ Pós-graduandos em Zootecnia pela FCAV/Unesp.

⁶ Pesquisador do CENA/USP, Piracicaba-SP.

⁷ Estatístico, Doutor em Zootecnia pela FCAV/Unesp.

principais desvantagens quanto ao seu uso são os teores baixos de proteína e de minerais, além de seu elevado teor de fibra, rica em lignina.

Tanto a cana-de-açúcar *in natura* quanto o bagaço de cana são essencialmente materiais de alto teor lignocelulósico. Portanto, a viabilidade de sua utilização requer o desenvolvimento de métodos de tratamento que promovam o rompimento da estrutura da fração fibrosa, para torná-la mais digestível (Burgi, 1985). Com essa necessidade, o tratamento da cana-de-açúcar com aspersão de NaOH, a partir de dispositivo dosador acoplado à picadeira, seria uma alternativa.

De modo geral, o tratamento de volumosos com NaOH proporciona melhoria na digestibilidade, incremento na ingestão voluntária, aumento no consumo de água e prevenção da acidose. Andrade & Fukushima (1994) trataram bagaço de cana com soluções alcalinas de NH_4OH e observaram superioridade do NaOH em relação ao NH_4OH em deslignificar o bagaço, elevando sua digestibilidade. Possivelmente esta superioridade se deva ao fato de o NaOH ser um alcali mais forte que o NH_4OH . A justificativa para o emprego de álcalis reside no fato de a lignina de gramíneas ser particularmente susceptível ao ataque hidrolítico dos mesmos, nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (Van Soest, 1994).

Um animal consumindo 10 kg de MS/dia estará ingerindo aproximadamente 126 g/dia de sódio a partir do tratamento da cana-de-açúcar com o NaOH. O nível de 1,5% de NaOH a 50% no tratamento da cana-de-açúcar foi recomendado por Queiroz et al. (2000), visando economicidade e efetividade do tratamento alcalino.

O objetivo neste trabalho foi estudar o efeito do tratamento alcalino com hidróxido de sódio sobre a digestibilidade total, o consumo e a taxa de passagem de dietas contendo cana-de-açúcar nas formas *in natura*, hidrolisada, hidrolisada fenada e hidrolisada ensilada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências da Unidade Animal de Estudo Digestivos e Metabólicos e na Granja Leiteira, ambos pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal.

O trabalho foi composto por quatro tratamentos, distribuídos em dietas contendo:

CAN - cana-de-açúcar *in natura* - foi utilizada cana de 3º corte, com adubação feita somente no

plantio, em razão das boas características do solo, plantada no Campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp/Jaboticabal, variedade RB825336;

CH - cana-de-açúcar hidrolisada - a mesma variedade do tratamento CAN foi picada e hidrolisada com NaOH 50% (1,5% PV) no momento em que a forragem era cortada pelas facas da picadeira hidrolisadora HIDROCAN. No momento em que as facas da picadeira picavam a cana-de-açúcar, a válvula dosadora de NaOH promovia o gotejamento e a velocidade das facas a pulverização do NaOH sobre a cana-de-açúcar picada. Com o tratamento alcalino, o valor do pH da cana-de-açúcar elevava-se para 13 sendo seu controle realizado com fita de tornasol. Após 24 horas, o pH era medido novamente e, se estivesse próximo a 9, era fornecido aos animais.

FEN - cana-de-açúcar hidrolisada fenada - logo após o mesmo tratamento de hidrólise, o material ficou exposto ao sol por aproximadamente 8 horas, disposto em camada fina (máximo 1 cm) em terreno cimentado, até atingir 85% de matéria seca. Este ponto ficou caracterizado pela ausência de material com aspecto grudento e presença de material quebradiço e solto.

SIL - cana-de-açúcar hidrolisada ensilada - logo após a hidrólise, o material foi compactado em silo tipo trincheira, que permaneceu fechado por 30 dias.

Foram utilizados quatro bovinos mestiços (Zebu x Holandês) com peso médio de 700 kg, providos de cânula ruminal, recebendo dieta composta de volumoso e concentrado na relação 70:30 na matéria seca, com o objetivo de maximizar o efeito das canas-de-açúcar. Todos os animais ingeriram o mesmo concentrado, composto por 51,0% de milho em grão moído, 17,0% de soja em grão moída e 31,9% de farelo de soja, totalizando 10,0% proteína bruta e 4,9% de extrato etéreo, ambos na matéria seca. Na Tabela 1 encontra-se a composição bromatológica das canas-de-açúcar utilizadas nas dietas. O alimento foi fornecido duas vezes ao dia (7 e 18 h) permitindo-se 10% de sobras.

A digestibilidade no trato gastrointestinal total foi estimada pela FDNi como indicador interno, utilizando a técnica de digestão *in vitro* por 144 horas. A porcentagem de FDNi foi calculada incubando-se 0,5 g de amostras das sobras das dietas e das fezes, de cada tratamento, utilizando-se saliva artificial e líquido ruminal na proporção 4:1, em único estágio de digestão, segundo o método de Tilley & Terry (1963), descrito por Silva & Queiroz (2002). Após a incuba-

ção, os tubos foram colocados a 5°C, para interromper parcialmente a digestão, e seus conteúdos foram quantitativamente transferidos para os copos de Berzelius (600 mL). Foram adicionados 50 mL de solução de detergente neutro e realizada a extração, conforme o método de Goering & Van Soest (1970).

As coletas de fezes foram realizadas em quatro dias consecutivos, em quatro repetições, avançando-se duas horas a cada horário (2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22 e 24 h), sendo as amostras compostas por animal e por repetição. O consumo de matéria seca das dietas experimentais foi relativo aos quatro dias correspondentes ao ensaio de digestibilidade.

A estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS) foi feita segundo a fórmula:

Digestibilidade da MS do trato digestivo total (DMSTDT)

$$DMSTDT = [1 - (\% \text{ FDNi MS ingerida} / \% \text{ FDNi MS fezes})] * 100$$

A estimativa do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e da hemicelulose (HEM), como variáveis estudadas, pela fórmula:

$$D\text{variável estudada}TDT = 100 - [100 * (\% \text{ FDNi ingerido} / \% \text{ FDNi fezes}) *$$

$$(\% \text{ variável estudada nas fezes} / \% \text{ variável estudada no ingerido})]$$

Os ingredientes da dieta, das sobras e das fezes foram pré-secos, quando necessário, em estufa de

circulação e renovação de ar (55°C) por 72 horas e processados em moinho tipo facas com peneira de crivos de 1 mm. As amostras foram submetidas à análise de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose e lignina, de acordo com as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

Para determinação da taxa de passagem, as canas-de-açúcar *in natura*, hidrolisada, hidrolisada fenada e hidrolisada ensilada foram mordentadas com dicromato de sódio (Úden et al., 1980). As canas-de-açúcar mordentadas (100 g) foram adicionadas imediatamente antes da primeira alimentação do dia, via cânula ruminal. Os horários de coleta de amostras de fezes foram: 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 e 120 horas após a introdução do ingrediente mordentado no rúmen. As concentrações de cromo nas amostras de fezes e nas canas-de-açúcar mordentadas foram determinadas pelo EDXRF (fluorescência de raios X por dispersão de energia). Os espectros obtidos foram interpretados pelo aplicativo AXIL – Analysis of X-Ray Spectra by Iterative Least-Squares (Van Espen et al., s/d) e, a partir dos raios X característicos, calcularam-se as concentrações. O modelo utilizado para determinar as variáveis da taxa de passagem foi o proposto por Grovum & Williams (1973).

O delineamento experimental utilizado para a análise estatística das digestibilidades, do consumo de matéria seca, das taxas de passagem e dos tempos de retenção e de trânsito foi em blocos casualizados (animais), com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo os dados submetidos ao programa GLM do Statistical Analyses Systems (SAS, 1995) e as médias, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 1 - Composição bromatológica das canas-de-açúcar *in natura* ou hidrolisadas utilizadas nas dietas
Table 1 - Chemical composition of *in nature* or hydrolyzed sugar cane in the diets

Volumoso <i>Roughage</i>	MS <i>DM</i>	MO <i>OM</i>	PB <i>CP</i>	FDN <i>NDF</i>	FDA <i>ADF</i>	Celulose <i>Cellulose</i>	Hemicelulose <i>Hemicellulose</i>	Lignina ¹ <i>Lignin</i>
	%				% MS %DM			
CAN (<i>SUC</i>)	37,0	98,8	3,0	55,6	32,4	23,7	23,2	8,7
CH (<i>HSC</i>)	38,0	91,0	2,5	47,3	30,6	23,8	16,7	6,8
FEN (<i>HSCH</i>)	85,0	91,1	2,0	43,0	28,2	20,9	14,8	7,3
SIL (<i>HSIL</i>)	31,4	90,2	1,6	43,2	37,6	25,2	5,6	12,4

¹ Lignina obtida por oxidação com permanganato de potássio.

CAN: cana-de-açúcar *in natura*; CH: cana-de-açúcar hidrolisada; FEN: cana-de-açúcar hidrolisada fenada; SIL: cana-de-açúcar hidrolisada ensilada.

¹ Lignin obtained by oxidation with potassium permanganate.

SUC: *in nature* sugar cane; *SCH*: hydrolyzed sugar cane; *HSCH*: hydrolyzed sugar cane hay; *HSIL*: hydrolyzed sugar cane silage.

Resultados e Discussão

Os valores de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e hemicelulose das dietas no trato digestivo total encontram-se na Tabela 2.

Para todos os componentes nutritivos, foram observados valores de digestibilidade mais elevados ($P < 0,05$) nas dietas que continham cana-de-açúcar tratada (CH, FEN ou SIL) em relação à cana-de-açúcar *in natura* (CAN). Oliveira et al. (2001) obtiveram média de 64,0% de digestibilidade da matéria seca (MS) de seis variedades de cana-de-açúcar *in natura*, o que está próximo aos 58,6% da CAN.

Com o tratamento alcalino, observou-se que o aumento na digestibilidade da MS foi de 36,8% para a CH enquanto, para a FEN e SIL, de 26,0%, em média. Avaliando a silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de NaOH, Andrade et al. (1999) observaram que o coeficiente de digestibilidade foi de 66,6% para a MS, enquanto para a FDN esse valor foi de 40,7%. Alves et al. (2001) obtiveram valor de 54,84% para a digestibilidade da MS da cana-de-açúcar *in natura* e, ao tratarem a cana-de-açúcar com 2 e 4% de NaOH, os aumentos foram de 12,6 e 8,6%, respectivamente.

O maior valor de digestibilidade protéica foi obtido quando a cana-de-açúcar foi submetida somente à hidrólise alcalina (74,3%), observando-se que os processamentos adicionais (fenação e ensilagem) foram menos expressivos.

Queiroz (2001), ao estudar a degradabilidade ruminal da proteína das canas-de-açúcar *in natura* e submetidas a tratamento químico com 1,5% a 50% de NaOH, observou que houve apenas solubilização protéica, com valores médios de 63,0% para a cana-de-açúcar *in natura* e 68,0% para as canas-de-açúcar hidrolisadas. Verificaram ainda que as relações NIDN/N total e NIDA/N total não foram influenciadas pela hidrólise. Dessa forma, não havendo a possibilidade de incremento na digestibilidade da proteína bruta da cana-de-açúcar por meio da hidrólise, inferiu-se que os aumentos de 42,9; 32,7 e 16,1% na digestibilidade das dietas contendo CH, FEN e SIL foram resultantes do aumento na digestibilidade dos demais constituintes (milho em grão moído, soja em grão moída e farelo de soja). O maior aumento foi observado na dieta contendo CH, ou seja, na cana-de-açúcar *in natura* submetida apenas ao processo de hidrólise. Na FEN, além da hidrólise, houve o processo de secagem ao sol, enquanto a SIL foi submetida à fermentação. Essas diferenças nos processos de obtenção dos volumosos também pode ter influenciado as digestibilidades. Sugere-se, portanto, um possível efeito associativo benéfico da cana-de-açúcar apenas tratada e do concentrado utilizado.

Alves et al. (2001) obtiveram aumentos de 8,6 e de 3,3% na digestibilidade da proteína bruta das dietas quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 2 ou 4% de NaOH. As dietas eram compostas pela cana-de-açúcar hidrolisada e por 2 kg concentrado/dia. Esses

Tabela 2 - Digestibilidade da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e hemicelulose (HCEL) das dietas no trato digestivo total

Table 2 - Digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose (CEL) and hemicellulose (HCEL) of the diets in total tract

Dieta Diet	MS	PB	FDN	FDA	CEL	HCEL
	DM	CP	NDF	ADF	CEL	HCEL
	Digestibilidade no trato digestivo total (%) Digestibility in total digestive tract (%)					
CAN (SUC)	58,6 c	52,0 c	29,4 c	26,3 d	34,7 c	29,6 c
CH (HSC)	80,2 a	74,3 a	65,4 a	62,5 a	72,7 a	65,5 b
FEN (HSCH)	75,4 b	69,0 b	55,3 b	52,7 b	62,7 ab	56,0 b
SIL (HSIL)	72,5 b	60,4 b	50,5 b	38,2 c	58,7 b	94,5 a
CV (%)	3,3	6,7	7,6	10,3	11,8	8,5

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

CV (%): coeficiente de variação.

CAN: cana-de-açúcar *in natura*; CH: cana-de-açúcar hidrolisada; FEN: cana-de-açúcar hidrolisada fenada; SIL: cana-de-açúcar hidrolisada ensilada.

Means followed by the same letter, in column, did not differ ($P > 0,05$) by Tukey test.

CV (%): coefficient of variation.

SUC: *in nature sugar cane*; SCH: *hydrolyzed sugar cane*; HSCH: *hydrolyzed sugar cane hay*; HSIL: *hydrolyzed sugar cane silage*.

aumentos estiveram associados ao evidente efeito da hidrólise e também ao aumento no consumo de MS.

A digestibilidade da FDN elevou 122,4; 88,1 e 71,8% para a CH, FEN e SIL, respectivamente, em relação a CAN, observando-se que o melhor efeito do tratamento alcalino ocorreu para a CH. Semelhantemente aos resultados obtidos para FDN, o tratamento alcalino proporcionou aumento na digestibilidade da FDA, o que pode ser atribuído à quebra das ligações lignocelulósicas, permitindo o ataque microbiano e, conseqüentemente, à melhor digestão da fração fibrosa das canas-de-açúcar hidrolisadas. A CH apresentou o melhor resultado para a digestibilidade da FDA, com aumento de 137,6%, enquanto a ensilagem foi o processamento de menor efeito (45,2%). Alves et al. (2001) também observaram que o tratamento alcalino com 2% de NaOH elevou a digestibilidade da FDN (23,8 vs 31,7%) e da FDA (26,4 vs 33,5%) quando comparada àquela obtida para a cana-de-açúcar *in natura*, embora em menor proporção.

O aumento na digestibilidade da celulose também foi mais expressivo para a CH, seguida da FEN e SIL, com aumento de 109,5; 80,7 e 69,2%, respectivamente, em relação à CAN. A digestibilidade da HCEL da dieta contendo SIL foi a mais influenciada, provavelmente em decorrência dos processos de hidrólise e de ensilagem. Houve aumento de 219,2; 44,3 e 68,7% para as digestibilidades de CAN, CH e FEN, respectivamente. Uma hipótese para explicar este resultado seria a utilização dos açúcares presentes na HCEL, fragilizada pelo tratamento alcalino e pelos microrganismos presentes no processo de ensilagem. Esses açúcares estariam mais disponíveis à digestão enzimática intestinal, aumentando a digestibilidade no trato digestivo total da HCEL.

Quanto à composição bromatológica, também notou-se que a HCEL foi a fração mais influenciada pela hidrólise, observando-se que o seu teor na CAN foi de 23,2%, enquanto na CH, FEN e SIL sua redução foi de 38,9; 56,8 e 314%, respectivamente; ou seja, além do efeito do tratamento alcalino, os processamentos posteriores também influenciaram a HCEL da cana-de-açúcar.

De modo geral, o tratamento alcalino influenciou positivamente a digestibilidade das frações fibrosas, proporcionando melhor aproveitamento da fibra da dieta, talvez disponibilizando mais energia para estímulo do crescimento microbiano, elevando o aporte de proteína para os intestinos.

O tratamento químico, especialmente com NaOH, tem aumentado a digestão da CEL e HCEL, podendo-se enfatizar como benefícios do tratamento a solubilização da hemicelulose (Queiroz, 2001), a não-redução da lignina com o tratamento (Klopfenstein & Kraus, 1972) e o aumento na digestão da fibra, em virtude da quebra nas ligações entre lignina e hemicelulose ou celulose sem remoção da lignina.

Na Tabela 3 encontram-se os consumos de matéria seca das dietas. A CH e o FEN proporcionaram os maiores ($P>0,05$) consumos de MS em relação à CAN e SIL.

O aumento no consumo de MS das dietas contendo CH e FEN provavelmente foi influenciado pela maior digestibilidade da fibra (Preston, 1982; Allen, 1991; Mendonça et al., 2004), visto que a qualidade da FDN e da FDA variou com o tratamento da cana-de-açúcar, devendo estar relacionado ao rompimento das ligações químicas com a lignina (Klopfenstein, 1978).

A hidrólise alcalina seguida da fermentação ocorre durante o processo de ensilagem não proporcionou aumento no consumo de MS quando comparada à CAN. A hidrólise alcalina pode ser positiva, pois o consumo da silagem de cana-de-açúcar *in natura* pode ser limitado, em decorrência da elevada produção de álcool etílico durante o processo de fermenta-

Tabela 3 - Consumo de matéria seca das dietas contendo as canas-de-açúcar *in natura*, hidrolisada, hidrolisada fenada e hidrolisada ensilada
Table 3 - Dry matter intake of diets containing *in natura*, hydrolyzed, hydrolyzed hay and hydrolyzed silage sugar cane-based diets

Dieta <i>Diet</i>	Consumo <i>Intake</i>	
	Matéria seca (kg/dia) <i>Dry matter (kg.day⁻¹)</i>	PV (%) <i>BW (%)</i>
CAN (<i>SUC</i>)	8,4 b	1,2 b
CH (<i>HSC</i>)	10,5 a	1,5 a
FEN (<i>HSCH</i>)	9,8 a	1,4 a
SIL (<i>HSIL</i>)	8,4 b	1,2 b
CV (%)	3,8	4,3

Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem ($P>0,05$) entre si pelo teste Tukey.

PV (%): consumo em relação à percentagem do peso.

CV (%): coeficiente de variação.

CAN: cana-de-açúcar *in natura*; CH: cana-de-açúcar hidrolisada; FEN: cana-de-açúcar hidrolisada fenada; SIL: cana-de-açúcar hidrolisada ensilada.

Means followed by the same small letter, in column, did not differ ($P>0.05$) by Tukey test.

BW: intake in relation to weight percentage.

CV (%): coefficient of variation.

SUC: *in nature sugar cane*; SCH: *hydrolyzed sugar cane*; HSCH: *hydrolyzed sugar cane hay*; HSIL: *hydrolyzed sugar cane silage*.

ção (Alcântara et al., 1989). Andrade et al. (2001a) observaram que a porcentagem de álcool etílico produzido na silagem de cana-de-açúcar *in natura* foi de 7,8% enquanto a de ácido lático foi de 9,8%. Ao tratar a cana-de-açúcar com 0,25% de NaOH e 0,5% de uréia, Andrade et al (2001b) observaram que essas porcentagens foram de 2,1 e 19,7%, na mesma ordem, confirmando que a hidrólise alcalina possibilita que seja produzido ácido lático em detrimento do álcool etílico, possibilitando melhores consumos.

Comparativamente à FEN, havendo a necessidade de se armazenar a cana-de-açúcar para períodos com menor oferta de volumosos, a ensilagem de cana-de-açúcar hidrolisada poderia não ser o processamento mais vantajoso. Destaca-se, nesse caso, que a hidrólise seguida da ensilagem não melhorou o consumo da SIL, mas o tratamento alcalino, que diminui a produção de álcool etílico em

favorecimento do ácido acético, possibilitaria melhor consumo. Os menores efeitos da hidrólise sobre as digestibilidades resultam em menores consumos de nutrientes digestíveis, podendo não atender às exigências nutricionais da categoria animal. Como implicação, seria necessária a associação da SIL com outra fonte volumosa, como a silagem de milho, além da utilização de concentrados de qualidade (Magalhães et al., 2004), o que poderia onerar a alimentação, diminuindo o benefício da hidrólise no caso da SIL.

Na Tabela 4 encontram-se os valores das estimativas de taxa de passagem ruminal (k1), taxa de passagem no ceco-cólon (k2), tempo de retenção retículo-ruminal (TRRR), tempo de retenção no ceco-cólon (TRCC), tempo médio de retenção (TMR=TRRR + TRCC) e tempo de trânsito (TT) das canas-de-açúcar estudadas. O TT é o tempo de latência para que o indicador apareça pela primeira vez nas fezes.

Tabela 4 - Valores de taxa de passagem ruminal (k1), taxa de passagem no ceco-cólon (k2), tempo de retenção retículo-ruminal (TRRR), tempo de retenção no ceco-cólon (TRCC), tempo médio de retenção (TMR) e tempo de trânsito (TT) das canas-de-açúcar *in natura*, hidrolisada, hidrolisada fenada e hidrolisada ensilada, mordentadas

Table 4 - Values of ruminal passage rate values (k1), cecco-colon passage rate (k2), reticulum-rumen retention time (RRRT), cecco-colon retention time (CCRT), average time of retention (MTR), transit time (TT) of *in natura*, hydrolyzed, hydrolyzed hay and hydrolyzed silage sugar cane, mordanted

Volumoso Roughage	k1	k2	TRRR	TRCC	TMR	TT
	% /h		RRRT	CCRT	MTR	TT
			Horas (Hours)			
CAN (SUC)	2,6 a	17,0 a	40,1 b	5,9 b	46,0 b	12,3 b
CHH (SC)	2,7 a	21,7 a	37,8 b	4,7 b	42,6 b	8,6 b
FEN (HSCH)	2,3 ab	16,9 a	43,8 b	6,0 b	49,8 b	14,8 b
SIL (HSIL)	1,5 b	7,4 b	71,4 a	13,7 a	84,8 a	57,9 a
CV (%)	20,0	19,7	25,7	19,2	23,1	43,0

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem (P>0,05) entre si pelo teste Tukey.

CV (%): coeficiente de variação.

CAN: cana-de-açúcar *in natura*; CH: cana-de-açúcar hidrolisada; FEN: cana-de-açúcar hidrolisada fenada; SIL: cana-de-açúcar hidrolisada ensilada.

Means followed by the same letter, in column, did not differ (P>0.05) by Tukey test.

CV (%): coefficient of variation.

SUC: *in natura* sugar cane; SCH: hydrolyzed sugar cane; HSCH: hydrolyzed sugar cane hay; HSIL: hydrolyzed sugar cane silage

A taxa de passagem no rúmen determina o fluxo de digesta pelo trato gastrointestinal, que, no caso de forrageiras tropicais, apresenta baixos valores, em virtude, principalmente do alto teor de fibras de baixa degradabilidade, provocando o efeito de repleção ruminal (Fernandes et al., 2003).

O TRRR representa o tempo em que o alimento permanece no rúmen sofrendo a ação dos microrganismos, favorecendo a fermentação ruminal, sendo uma variável inversamente correlacionada à taxa de passagem no rúmen (Grovmum & Williams, 1973; Preston, 1982), além de ser dependente do limite

físico do animal (Jung & Allen, 1995). Destaca-se que o elevado TRRR observado na SIL correspondeu ao aumento de 88,9 e 63,0%, comparativamente à CH e FEN, respectivamente. Assim, o maior tempo de retenção, associado às menores digestibilidades, justificou o menor consumo obtido para SIL.

Conclusões

O tratamento alcalino com hidróxido de sódio melhorou a digestão da fibra da cana-de-açúcar, proporcionando maior consumo de matéria seca.

A fenação da cana-de-açúcar hidrolisada pode ser uma alternativa viável, se houver a necessidade de armazenamento desse volumoso.

O maior tempo de trânsito da cana-de-açúcar hidrolisada ensilada não refletiu em melhores resultados, comparativamente às demais canas-de-açúcar tratadas.

Literatura Citada

- ALCÂNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOTT, R. et al. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminal kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, n.2, p.323-331, 1989.
- ALLEN, M.S. Carbohydrate nutrition. **The Veterinary Clinics of North America**, v.7, n.2, p.327-340, 1991.
- ALVES, J.B.; GODOY, M.M.; BERGAMASCHINE, A.F. et al. Digestibilidade da cana hidrolisada e *in natura* In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes 6-0846.
- ANDRADE, M.B.M.; FUKUSHIMA, R.S. Efeitos de diferentes tratamentos no bagoço de cana sobre a digestibilidade dos nutrientes. 1. Digestibilidade *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.514.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI JR., E.; BRAUN, G. Valor nutritivo de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio e adicionada de rolão de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes. NUR 101.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI JR., E.; POSSENTI, R.A. et al. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, cortada aos 7 meses de idade, tratada com uréia e adicionada de rolão de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001a. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes 6-0164.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI JR., E.; POSSENTI, R.A. et al. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, cortada aos 7 meses de idade, tratada com 0,25% de hidróxido de sódio e 0,50% de uréia e adicionada de rolão de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001b. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes 6-0261.
- BURGI, R. **Produção do bagoço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp L.*) auto-hidrolisado e avaliação para ruminantes**. 1985. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1778-1785, (suplemento 1), 2003.
- FRANZOLIN NETO, R.; ZANETTI, A.M.; HERLING, V.R. et al. Efeito de diferentes níveis de dois compostos tamponantes sobre a digestibilidade de rações contendo bagoço de cana-de-açúcar hidrolisado como volumoso. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, n.5, p.456-461, 1989.
- GOERING, H.K.; Van SOEST, P.J. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some application)**. Washington: USDA Agriculture Research Service, 1970. 20p. (Agriculture Handbook, 379)
- GROVUM, W.L.; WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. **British Journal of Nutrition**, v.30, n.2, p.313-329, 1973.
- 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.11, p.313-329, 1995.
- KLOPFENSTEIN, T.J.; KRAUS, M.J. Chemical treatment of low quality roughages. **Journal of Animal Science**, v.35, n.2, p.418-422, 1972
- KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crops residues. **Journal of Animal Science**, v.46, n.3, p.841-848, 1978.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.
- MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.481-492, 2004.
- OLIVEIRA, B.Y.S.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A.F. et al. Desempenho do bovinos terminados em confinamento, com diferentes volumosos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes 6-0844.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, n.4, p.877-884, 1982.
- QUEIROZ, M.A.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; BETT, V. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da cana-de-açúcar hidrolisada. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 12., 2000, São José do Rio Preto. **Resumos...** São Paulo: Pró-Reitoria Unesp, 2000. p.273.
- QUEIROZ, M.A.A. **Digestibilidade total e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar *in natura*, hidrolisada com hidróxido de sódio e hidrolisada fenada**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2001. 58p. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2001.
- STATISTICAL ANALYSeS SYSTEMS - SAS. **Language guide** v.6, 3.ed. Cary: 1995. 530p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.31, n.2, p.625-638, 1980.
- Van ESPEN, P.; JANSSENS, P.; SWENTER, S. **1 AXIL -X-ray Analysis software: users manual**. Bebelux: Packlard, s.d. 72p.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

Recebido em: 02/07/04

Aceito em: 17/05/05