

## CARACTERÍSTICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E HIDROLISADA COM CAL VIRGEM EM DIFERENTES TEMPOS DE ESTOCAGEM<sup>1</sup>

ADAUTON VILELA DE REZENDE<sup>2</sup>, CARLOS HENRIQUE SILVEIRA RABELO<sup>3\*</sup>, LUIZ PAULO ANDRADE<sup>2</sup>, FLÁVIO HENRIQUE SILVEIRA RABELO<sup>4</sup>, WESLEY BATISTA DOS SANTOS<sup>2</sup>

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar a composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cana-de-açúcar hidrolisada em diferentes tempos de estocagem. O experimento foi conduzido no setor de Forragicultura da UNIFENAS, campus de Alfenas (MG) em 2010. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6, sendo testados dois tratamentos (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com 1,0% de cal virgem) em seis tempos de estocagem (0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas), com três repetições. A cana-de-açúcar armazenada no estado *in natura* apresentou menores teores de MS, PB, FDN e FDA em relação à hidrolisada, no entanto, apresentou maiores porcentagens de MO e NDT. Os maiores coeficientes de digestibilidade *in vitro* da MS e MO foram observados na cana-de-açúcar que permaneceu no estado *in natura*, devido a melhor composição bromatológica apresentado por este tratamento. O armazenamento da cana-de-açúcar no estado integral (*in natura*) apresenta melhor composição bromatológica quando comparado à cana-de-açúcar hidrolisada, não sendo recomendado utilizar cal virgem, pois não atua positivamente nas características químico-bromatológicas dessa gramínea. A cana-de-açúcar *in natura* pode ser armazenada por até 96 horas após o corte, sem comprometimento da composição bromatológica.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum*. Tratamento alcalino. Valor nutritivo.

## CHARACTERISTICS OF SUGAR CANE *IN NATURA* AND HYDROLYZED WITH LIME IN DIFFERENT STORAGE TIMES

**ABSTRACT** - Our objective was to evaluate the chemical composition and *in vitro* digestibility of dry matter of hydrolyzed sugar cane in different storage times. We conducted the trial in the Forage Sector at UNIFENAS, campus of Alfenas (MG) in 2010. The data were analyzed as completely randomized design in factorial scheme 2 (sugar cane without lime and hydrolyzed with 1.0% of lime, basis of fresh matter) x 6 (six times of storage: 0, 24, 48, 72, 96 and 120 hours), with three replicates. The sugar cane stored without lime showed lower dry matter (DM), crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents compared to hydrolyzed sugar cane. However, the hydrolyzed sugar cane showed higher contents of organic matter (OM) and total digestible nutrients. We reported higher *in vitro* digestibility of DM and OM when the sugar cane was not hydrolyzed. This can be explaining by better chemical composition of sugar cane without lime. The storage of sugar cane without lime shows results more interesting because the chemical composition and digestibility is better than hydrolyzed sugar cane. So, we not recommended using lime on the sugar cane. Moreover, the sugar cane without lime can be stored until 96 hours after cut.

**Keywords:** Alkaline treatment. Nutritive value. *Saccharum officinarum*.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 16/06/2012; aceito em 22/09/2013

<sup>2</sup>Instituto de Ciências Agrárias, UNIFENAS, Caixa Postal 23, 37130-000, Alfenas - MG; adauton.rezende@unifenas.br; luizpaulo225@hotmail.com ; swesley97@gmail.com

<sup>3</sup>Departamento de Zootecnia, UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900, Jaboticabal - SP; carlos.zoo@hotmail.com

<sup>4</sup>Departamento de Ciência do Solo, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba - SP; flaviohsr.agro@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar apresenta vantagens na alimentação de ruminantes por produzir grande quantidade de massa seca por hectare, levando a amortização dos custos de produção, além de apresentar melhor valor nutritivo na época da seca, em que há escassez de forragem nas pastagens. Entretanto, há entraves na utilização da cana-de-açúcar, como baixo teor de proteína e minerais associado à fibra de lenta degradação e/ou indigestível (EZEQUIEL et al., 2005) e necessidade de corte diário.

Neste sentido, algumas estratégias são aplicadas na utilização desta forragem, entre elas, a produção de silagem, com vistas a concentrar o trabalho e mão-de-obra em uma propriedade em um curto espaço de tempo. Todavia, o processo de conservação pode aumentar consideravelmente as perdas de matéria seca (MS) devido à produção de etanol pelas leveduras (PEDROSO et al., 2005). Outra prática comum utilizada pelos produtores consiste na mistura de ureia à cana-de-açúcar no intuito de corrigir a deficiência de proteína desta forragem. Entretanto, esta estratégia não evita a necessidade de corte diário da cana-de-açúcar no campo.

Desta forma, outras soluções devem ser pesquisadas para aumentar a eficiência de utilização da cana-de-açúcar *in natura* em aspectos nutricionais e manutenção da qualidade da forragem por maior tempo após o corte. Os melhores resultados têm sido obtidos com o emprego de aditivos alcalinos, sendo os principais: hidróxido de sódio - NaOH (EZEQUIEL et al., 2005; RIBEIRO et al., 2009a), hidróxido de cálcio - Ca(OH)<sub>2</sub> (FREITAS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2008a) e óxido de cálcio - CaO (RABELO et al., 2010a,b; RABELO et al., 2011). A premissa de utilização destes aditivos é que estes agem alterando a estrutura da fibra da cana-de-açúcar e causam a solubilização da hemicelulose, aumentando a digestibilidade desta fração juntamente à celulose (KLOPFENSTEIN, 1978; OLIVEIRA et al., 2008b), assim como são responsáveis por aumentar a estabilidade deste volumoso na presença de ar (RABELO et al., 2011), devido ao controle de microrganismos deterioradores (DOMINGUES et al., 2011). Em questões práticas, isso significa diminuir a mão-de-obra necessária nas propriedades, haja vista que a quantidade de cana-de-açúcar colhida no campo pode ser maior, assim como o período de estocagem (OLIVEIRA et al., 2007).

Entretanto, existe grande variação nos resultados, principalmente em relação ao CaO devido à dose utilizada na hidrólise da cana-de-açúcar, o que altera sobremaneira a composição bromatológica e digestibilidade da forragem, sendo dependente ainda da concentração de CaO presente na cal (RABELO et al., 2010a,b). Neste sentido, Oliveira et al. (2008b) apontam que a dose de 1,0% de cal virgem é ideal para melhorar as características da forragem, além de aumentar o tempo de estocagem após o corte. Por-

tanto, a composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com cal virgem armazenadas em diferentes tempos de estocagem foram objetos de investigação neste trabalho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no setor de Forragicultura da Faculdade de Zootecnia na Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), campus de Alfenas (MG) em 2010. A cidade de Alfenas está localizada na região sul de Minas Gerais e suas coordenadas geográficas são 21° 25' de latitude (S) e 45° 57' de longitude (W), apresentando uma altitude média de 880 m, com temperaturas médias de máxima e mínima de 26,0 e 15,0°C e precipitação variando de 1400 a 1800 mm. O clima é caracterizado como sendo subtropical úmido (Cwb) com duas estações distintas, uma seca, de abril a setembro, e outra chuvosa, de outubro a março.

A cana-de-açúcar utilizada no experimento foi a variedade SP81-3250, que ao momento da colheita apresentou grau brix = 21° (refratômetro de campo da marca Tokyo® modelo 032). A variedade SP81-3250 apresenta elevada produção de matéria seca (MS), é de fácil manejo durante colheita mecanizada e apresenta adequado rebrote, se adapta bem a solos de baixa fertilidade, sendo largamente utilizada em várias regiões do país.

A cana-de-açúcar foi plantada em janeiro de 2009 em um solo classificado como Latossolo Amarelo. As características químicas do solo eram: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,0; P Mehlich = 12 mg/dm; K = 61 mg/dm; Ca<sup>2+</sup> = 3,2 cmol/dm; Mg<sup>2+</sup> = 1,2 cmol/dm; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol/dm; H + Al = 2,9 cmol/dm; sum of bases (SB) = 4,5 cmol/dm; CTC efetiva (t) = 4,5 cmol/dm; CTC potencial (T) = 7,4 cmol/dm; V (%) = 61,0; m (%) = 0,0; matéria orgânica (MO) = 5,0 dag/kg; P remanescente = 16,0 mg/L. Portanto, optou-se por não corrigir a acidez do solo. Na adubação de plantio, nós utilizamos uma dose de 400 kg/ha do formulado NPK 10-20-10. Após 18 meses de desenvolvimento, nós colhemos a cana-de-açúcar manualmente com corte a 10 cm da superfície do solo, sendo transportada imediatamente para um galpão coberto para confecção dos tratamentos. A cana-de-açúcar que permaneceu no estado *in natura* não foi picada, permanecendo, portanto, na forma integral. Esta somente foi picada posteriormente aos tempos de estocagem avaliados por ocasião das análises bromatológicas referentes a cada tratamento, sendo que neste momento realizou-se a determinação do grau brix.

A cana-de-açúcar hidrolisada foi desintegrada em picadeira estacionária (partículas com 1,0 a 2,0 cm) imediatamente após ser colhida e homogeneizada criteriosamente com a cal virgem em pó, pois a cana-de-açúcar oferece umidade suficiente (69,43%

no presente estudo) para que ocorra a reação hidrolítica. Foram confeccionados amontoados de 8,0 kg de cana-de-açúcar hidrolisados com 1,0% de cal virgem microprocessada, levando-se em consideração o peso da massa verde. A cal microprocessada apresentou teor de óxido de cálcio = 87,3%; óxido de magnésio = 0,4% e umidade = 1,0%. Esta dose foi utilizada com base na recomendação de Oliveira et al. (2008b) devido a maior hidrólise da fibra.

Posteriormente a confecção dos amontoados, estes permaneceram em repouso por 0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas, com aferição de temperatura e leitura do pH por meio de peagâmetro (Beckman Expandomatic SS-2®). Amostras de cana-de-açúcar (200 g) foram colhidas em cada tempo de avaliação, sendo imediatamente transportadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada a 55°C, para posterior determinação química.

No caldo extraído pela prensa, determinou-se o Brix (teor de sólidos solúveis) em refratômetro digital (leitura automática), com correção automática de temperatura, sendo o valor final expresso a 20°C. Determinou-se ainda, a relação FDN/Brix, pois o teor de fibra em detergente neutro (FDN) pode limitar o consumo, e consequentemente, a ingestão de açúcar solúvel pelos animais tratados com cana-de-açúcar, especialmente em dietas com alta relação volumoso: concentrado. Portanto, buscou-se identificar se há alteração nesta relação pela utilização da cal virgem na hidrólise da cana-de-açúcar.

Os outros parâmetros avaliados foram teores de MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), determinados pelos métodos descritos por Silva e Queiroz (2002). As frações da parede celular contidas em FDN, fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinadas pelo método sequencial descrito por Goering e Van Soest (1970).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi obtido por meio da seguinte equação, conforme

descrito por Capelle et al. (2001):

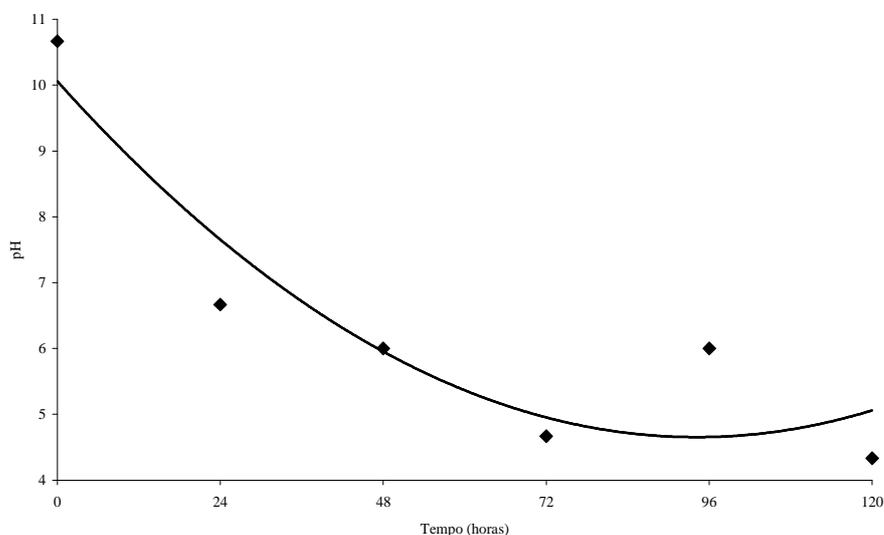
$$\text{Equação 1} \rightarrow \text{NDT (\%)} = 91,6086 - (0,669233 * \% \text{ FDN}) + (0,437932 * \% \text{ PB})$$

Os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e matéria orgânica (DIVMO) foram determinados de acordo com o método de dois estágios proposto por Tilley e Terry (1963).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 (cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com 1,0% de cal virgem) x 6 (seis tempos de estocagem: 0, 24, 48, 72, 96 e 120 horas), com três repetições. O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas no tempo, em que o fator atribuído às parcelas foi a aplicação ou não da cal virgem, enquanto o fator atribuído às subparcelas foi referente aos tempos de avaliação após a aplicação ou não da cal virgem. A análise estatística foi realizada por meio do software SISVAR® (FERREIRA, 2008), comparando-se a média dos tratamentos (cana *in natura* e hidrolisada) pelo teste Tukey. Os dados referentes aos tempos de estocagem foram submetidos à análise de regressão com significância de 5%, sendo decompostas as equações ao efeito de ordem linear, quadrática e cúbica, com posterior ajuste de regressões. O mesmo foi aplicado nas variáveis que apresentaram interação entre os fatores de estudo (tratamentos e tempo).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito dos tempos de estocagem nos valores de pH somente quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada ( $P < 0,01$ ), não havendo efeito na cana *in natura* ( $P > 0,05$ ), a qual apresentou valor médio de 5,88. A cana-de-açúcar hidrolisada apresentou queda de 5 unidades no valor de pH após 120 horas de repouso em comparação ao tempo 0 (Figura 1).

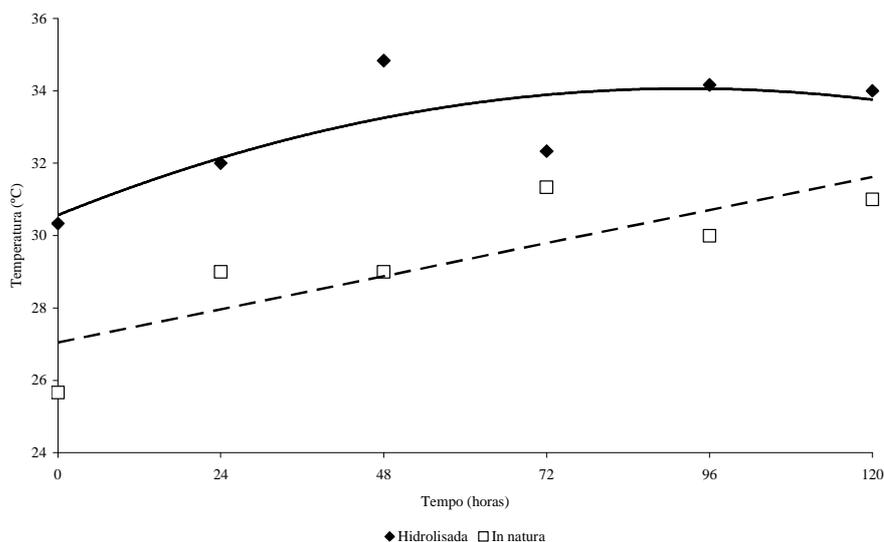


**Figura 1.** Valores de pH da cana-de-açúcar hidrolisada em diferentes tempos de estocagem.

A oscilação notada nos valores de pH pode ser justificada pelo emprego da cal virgem, que num primeiro momento promoveu acréscimo acentuado do pH e, posteriormente o material sofreu ação de microrganismos levando a acidificação da cana-de-açúcar e conseqüente queda no pH. Os principais microrganismos atuantes nesta fase (presença de oxigênio) são leveduras e fungos filamentosos, que possuem a capacidade de sobreviver e metabolizar açúcares a ácidos orgânicos em pH alcalino (DOMINGUES et al., 2011). O aumento nos valores de pH em virtude da hidrólise com cal é fator preponderante para que ocorra a alcalinização da fração fibrosa da cana-de-açúcar e, com isso, proporcione o rompimento das pontes de hidrogênio entre os componentes da fibra (hemicelulose e celulose principalmente), podendo implicar em outras alterações nos demais nutrientes, como liberação de proteína e minerais retidos na fibra e, que são indisponíveis aos animais (KLOPFENSTEIN, 1978; OLIVEIRA et al., 2008b). Desta forma, o sucesso desse processo está

intimamente associado ao teor de óxido de cálcio da cal microprocessada.

Procedendo-se ao desdobramento da interação entre tratamento e tempos de estocagem ( $P < 0,01$ ), verificou-se na cana-de-açúcar *in natura* acréscimo de  $0,03^{\circ}\text{C}$  por hora de repouso. Este fato se deve a planta continuar o processo de respiração após o corte, consumindo carboidratos solúveis para manutenção dos processos fisiológicos (SANTOS et al., 2006), associado à atuação de microrganismos que causam o aquecimento da massa, principalmente leveduras (Figura 2). A cana-de-açúcar hidrolisada apresentou variação de  $30,56$  (0 hora) a  $34,05^{\circ}\text{C}$  (96 horas de estocagem), verificando-se maior temperatura neste tratamento em relação à cana *in natura* em todos os tempos avaliados. A reação entre cal virgem e umidade presente na cana-de-açúcar eleva consideravelmente a temperatura em um momento inicial, permanecendo constante depois de certo tempo (DOMINGUES et al., 2011).



**Figura 2.** Temperatura da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada em diferentes tempos de estocagem.

O acréscimo na temperatura da cana-de-açúcar provocado pela hidrólise pode prejudicar o consumo de massa seca quando fornecida aos animais (MORAES et al., 2008). Esses autores observaram redução na ingestão de nutrientes por bovinos quando alimentados com cana-de-açúcar hidrolisada (óxido de cálcio) em relação à *in natura*, atribuindo o menor consumo a maior temperatura observada decorrente do processo hidrolítico.

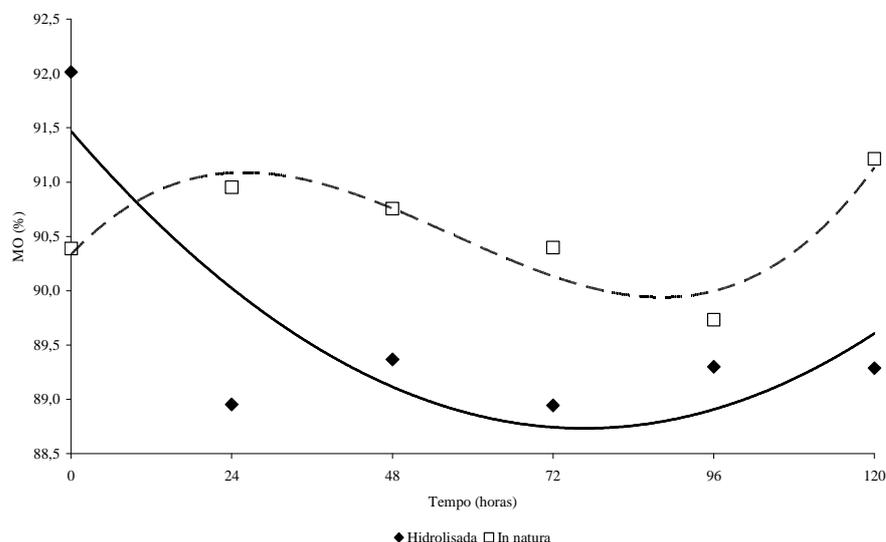
O teor de MS foi alterado em função da hidrólise da cana-de-açúcar pela utilização da cal virgem ( $p = 0,0008$ ), notando-se 2,5 pontos percentuais a mais na cana-de-açúcar hidrolisada em relação ao tratamento *in natura* (30,35%). O fato da hidrólise aumentar o teor de MS da cana-de-açúcar está associado à alta porcentagem de MS da cal microprocessada (99,0%). Todavia, não houve interação entre os fatores de estudo ( $P > 0,05$ ) referente a essa variável.

Pelo desdobramento da interação entre processamento da cana-de-açúcar e tempos de estocagem ( $p = 0,0029$ ), percebe-se que no tempo 0, a cana-de-açúcar hidrolisada apresentou maior teor de MO comparada a *in natura*. No entanto, com o decorrer dos dias este quadro se inverteu devido ao maior teor de minerais presentes na cal, contribuindo para a queda no teor de MO da cana-de-açúcar hidrolisada em relação à *in natura* (Figura 3).

Normalmente, a adição de cal virgem em cana-de-açúcar implica no acréscimo de minerais e, conseqüentemente diminui a concentração de MO. Este fato foi observado no presente estudo, exceto no momento da mistura entre cal e cana-de-açúcar (Figura 3) e, corrobora com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2008a). Entretanto, a explicação para o menor teor de MO encontrado

na cana-de-açúcar *in natura* em relação à hidrolisada se torna difícil. Alguns minerais (cloro, sódio e flúor) podem ser perdidos por volatilização em maiores temperaturas. Neste sentido, a reação entre cana-de-açúcar e cal virgem provocou um acréscimo conside-

rável na temperatura em relação ao tratamento controle, todavia, esta é apenas uma hipótese, já que não foi determinada a concentração de cada mineral neste estudo.



**Figura 3.** Teor de matéria orgânica da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada em diferentes tempos de estocagem.

Quanto ao teor de PB, a hidrólise da cana-de-açúcar resultou no aumento dessa variável ( $P < 0,01$ ) em relação ao tratamento *in natura* (2,61 vs. 2,12%, respectivamente). Em virtude da análise de PB considerar todo nitrogênio como proteína constitui-se em um erro metodológico, haja vista que a presença de microrganismos deterioradores é analisada e remetem ao aumento dessa variável. Contudo, a hipótese inicial seria que a cana *in natura* apresentasse maior teor de PB devido a esse fato supracitado, decorrente da maior atuação de microrganismos indesejáveis. Todavia, não houve efeito do tempo de estocagem ou interação entre os fatores estudados ( $p = 0,2614$ ).

Ressalta-se que mesmo com o aumento do teor de PB decorrente da hidrólise é necessário utilizar suplementação protéica na alimentação de ruminantes, otimizando a utilização do alimento pelos microrganismos ruminantes, pois de acordo com Wiggins (1949), os compostos nitrogenados estão pouco presente na cana-de-açúcar e são representados principalmente por aminoácidos.

O grau brix não foi alterado ( $p = 0,4566$ ) pelos fatores de estudo nesse trabalho, pois essa variável está mais associada com a quantidade de sacarose presente na cana-de-açúcar, fato correlacionado à maturação fisiológica da planta. Portanto, esse fator não se altera mediante a utilização de cal virgem no processamento da cana-de-açúcar.

A cana-de-açúcar *in natura* apresentou teor de FDN inferior ( $p = 0,0002$ ) a hidrolisada (49,73 vs. 57,50%), sendo observado o mesmo para FDA ( $p = 0,0028$ ) (32,98 vs. 38,77%). Esses resultados contradizem que a cal virgem é eficaz em diminuir os teo-

res de fibra da cana-de-açúcar, como foi verificado por diversos autores (OLIVEIRA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008a; 2008b; RIBEIRO et al., 2009b).

A cal virgem atua solubilizando parcialmente a hemicelulose e promove o fenômeno conhecido como “intumescimento alcalino da celulose”, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das ligações das pontes de hidrogênio, tornando a fração fibrosa de melhor qualidade (KLOPFENSTEIN; KRAUS, 1972; OLIVEIRA et al., 2007) e aumentando a digestão dessa e da hemicelulose (JACKSON, 1977). Contudo, parece pertinente inferir que a hidrólise é realizada com intuito de evitar a presença de microrganismos indesejáveis pelo aumento dos valores de pH, dificultando assim o desenvolvimento destes e preservando as características da forragem por maior tempo (DOMINGUES et al., 2011), o que otimiza o manejo desta forragem nas propriedades (OLIVEIRA et al., 2007).

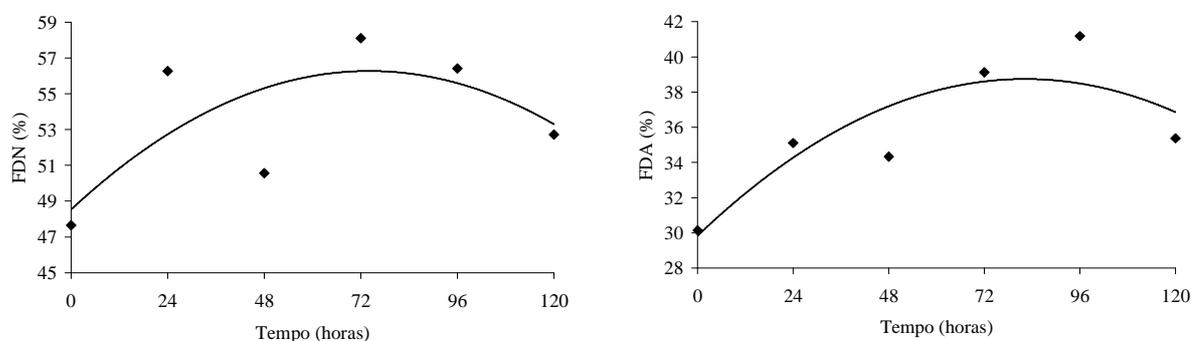
Ao avaliar o efeito dos tempos de estocagem nas frações FDN e FDA, verificou-se comportamento quadrático nessas variáveis (FDN  $\rightarrow p = 0,0198$ ; FDA  $\rightarrow p = 0,0209$ ), não se observando interação ( $P > 0,05$ ) entre tempo de estocagem e processamento da cana-de-açúcar (Figura 4).

As menores porcentagens de fibra foram verificadas no momento inicial da avaliação (0 hora), notando-se comportamento quadrático para as variáveis FDN e FDA. O fato dos teores de FDN e FDA aumentarem ao longo dos dias está associado ao consumo de carboidratos não-fibrosos pelos microrga-

nismos, principalmente leveduras (AMARAL et al., 2009), refletindo proporcionalmente no acréscimo das frações contidas na parede celular.

Procedendo-se ao desdobramento da interação entre tratamento da cana-de-açúcar e tempos de esto-

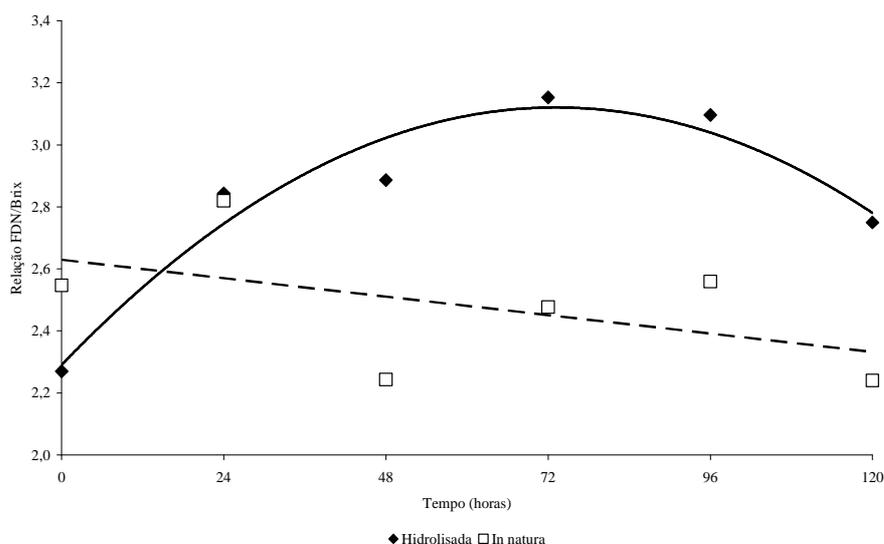
cagem ( $p = 0,0164$ ), nota-se que somente no momento inicial de avaliação (tempo 0) a relação FDN/Brix foi menor na cana-de-açúcar hidrolisada comparativamente a *in natura* (Figura 5).



$$Y_{(FDN)} = 48,530 + 0,208x - 0,001x^2 \quad (r^2 = 50,20\%)$$

$$Y_{(FDA)} = 29,836 + 0,216x - 0,001x^2 \quad (r^2 = 74,98\%)$$

**Figura 4.** Teor de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido da cana-de-açúcar em função dos tempos de estocagem.



**Figura 5.** Relação fibra em detergente neutro/grau Brix da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada em diferentes tempos de estocagem.

No entanto, derivando-se os dados a partir das equações de regressão, notou-se que o quadro se inverteu a partir de 16 horas de estocagem, quando a relação FDN/Brix da cana-de-açúcar hidrolisada passou a ser maior em comparação à *in natura*, devido ao acréscimo no teor de FDN pelo efeito temporal, observado quando realizada a hidrólise. Existe um efeito de diluição e concentração neste ponto. Na medida em que microrganismos deterioradores consomem açúcar solúvel na cana-de-açúcar (grau Brix determina concentração total), a concentração dos outros nutrientes tende a ser maior, principalmente em relação ao FDN, haja vista a grande participação desta fração na cana-de-açúcar. Isto demonstra que a cal virgem não possibilita melhorias na característica

bromatológica desta forrageira.

A relação FDN/Brix é comumente utilizada como parâmetro na escolha de variedades de cana-de-açúcar a serem implantadas em uma propriedade, no entanto, a expectativa dessa relação diminuir mediante a alteração na estrutura das fibras pela utilização da cal virgem não foi confirmada. Portanto, não há efeito positivo da cal sobre esse parâmetro, mostrando que a permanência no estado *in natura* se faz mais interessante frente à disponibilidade de carboidratos solúveis aos microrganismos presentes no rúmen.

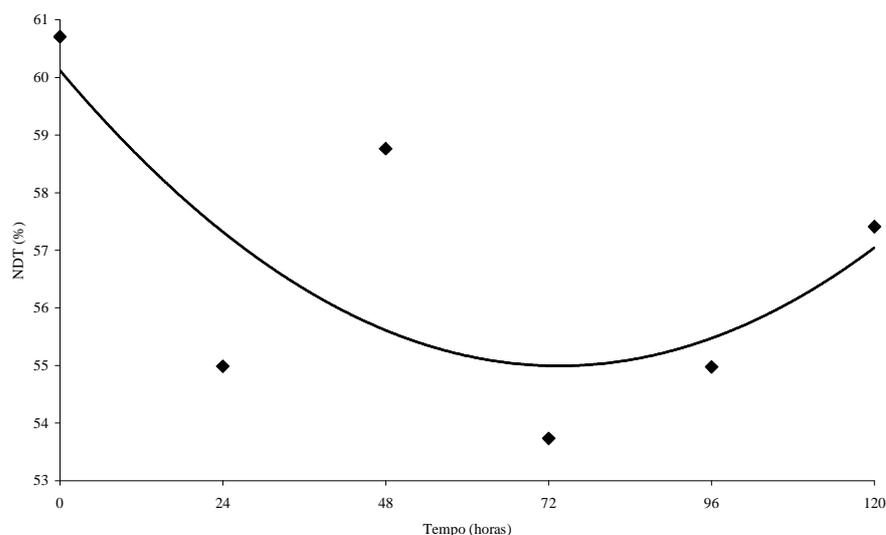
Não houve efeito ( $p = 0,7813$ ) dos fatores de estudo no teor de lignina. Esse resultado está de acordo com Klopfenstein (1980), uma vez que o autor

relatou que normalmente não ocorre efeito químico da cal na lignina. Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2008b).

O maior teor de NDT ( $p = 0,0004$ ) foi notado para a cana-de-açúcar que permaneceu no estado *in natura* (59,25 vs. 54,26% na cana hidrolisada), apontando que a utilização de cal virgem na hidrólise da cana-de-açúcar não assegura a estabilidade do material, pois o processo hidrolítico influenciou negativamente esse parâmetro. Ressalta-se, todavia, que esse parâmetro está intimamente associado à variedade estudada, época de colheita (estádio de maturidade), tipo e dosagem do aditivo empregado na hidrólise,

teor de óxido de cálcio presente na cal e tempo de reação necessária para ocorrer hidrólise da forragem. Em alguns casos não há efeito da cal no teor de NDT, como observado por Oliveira et al. (2008b). Esses autores trabalharam com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com hidróxido de cálcio em níveis de 0,5 e 1,0%, e encontraram teores de NDT de 55,68; 62,12 e 63,79%, respectivamente.

Com relação aos tempos de estocagem, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi de efeito quadrático ( $p = 0,0225$ ). O maior teor de NDT foi registrado logo no momento da mistura entre cana-de-açúcar e cal virgem (Figura 6).



**Figura 6.** Teor de nutrientes digestíveis totais da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada em diferentes tempos de estocagem.

Conforme descrito anteriormente, a equação utilizada nesse trabalho para obter os teores de NDT foi correlacionada ao teor de PB e fração FDN, com isso, maiores teores de FDN refletiram em menores porcentagens de NDT, obtendo-se uma correlação negativa entre os dados. Esses resultados não corroboram com Oliveira et al. (2008a), que relataram similaridade entre os teores de NDT após 3, 6 e 9 horas do momento da mistura “cana-cal”, notando-se teores de 70,42; 70,61 e 70,36%, respectivamente.

Os coeficientes de digestibilidade da MS foram alterados pelo tratamento da cana-de-açúcar com cal virgem ( $P < 0,01$ ), tempo de estocagem ( $p = 0,0290$ ) e interação entre esses fatores ( $p = 0,0039$ ). Notou-se maior digestibilidade da MS na cana-de-açúcar *in natura* em todos os tempos avaliados decorrente desse tratamento ter apresentado melhor composição bromatológica em relação à cana-de-açúcar hidrolisada (Figura 7).

Observando os coeficientes de DIVMS somente para a cana-de-açúcar no estado *in natura*, notam-se maiores coeficientes após 72 e 96 horas de estocagem (76,17 e 76,26%, respectivamente).

A cana-de-açúcar hidrolisada apresentou comportamento quadrático (Figura 7), em que o mai-

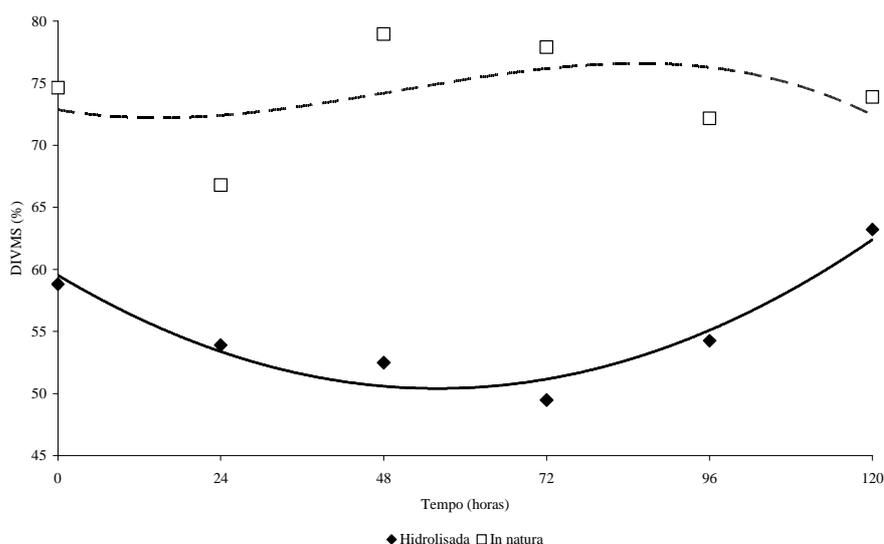
or coeficiente de DIVMS foi notado em 120 horas de estocagem (62,40%). Os menores coeficientes notados para a cana-de-açúcar hidrolisada se devem aos maiores teores de FDN e FDA encontrados nesse tratamento, que atuam negativamente nesse parâmetro. Oliveira et al. (2008a) avaliando a DIVMS da cana-de-açúcar tratada com 0,5 e 0,6% de cal hidratada não observaram efeito isolado do aditivo, relatando porcentagens de 67,80 e 68,71% vs. 67,22% para a cana-de-açúcar *in natura*.

O mesmo efeito foi verificado para os coeficientes de digestibilidade da MO somente na cana-de-açúcar hidrolisada ( $p = 0,0028$ ), não havendo influência do tempo ( $P > 0,05$ ) para a cana-de-açúcar no estado *in natura* quando estudada de forma isolada, obtendo-se valor médio de 90,23% de DIVMO. Já a cana-de-açúcar hidrolisada apresentou melhor coeficiente de DIVMO no momento da mistura “cana-cal” (90,94%), registrando-se queda a partir desse momento e um leve acréscimo a partir de 72 horas de repouso (Figura 8). Isto se deve ao menor teor de FDN observado neste tempo (Figura 4), que é fator limitante na digestão dos alimentos (VAN SOEST, 1994), além da maior quantidade de açúcares solúveis (tempo 0 hora) que são disponíveis aos micror-

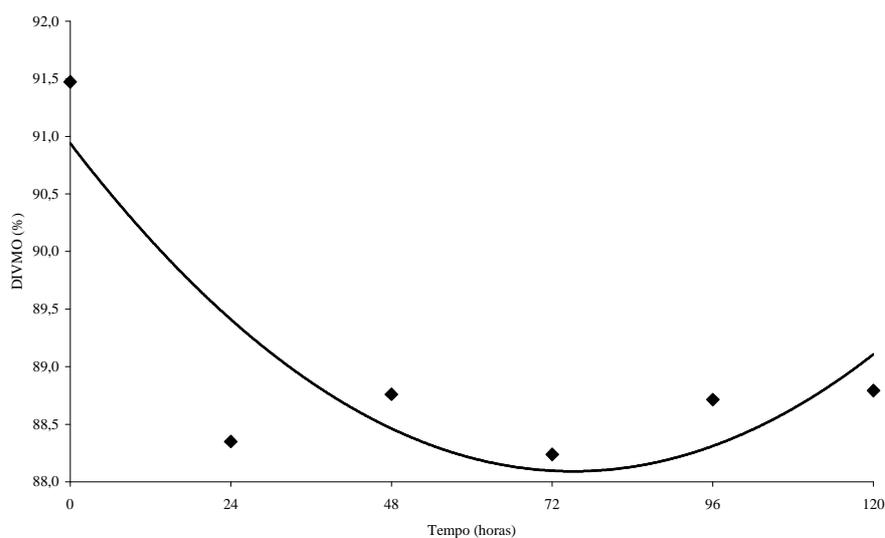
ganismos presentes no rúmen dos animais.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, fica evidente que é mais indicado colher e estocar a cana-de-açúcar no estado *in natura*, realizando-se a desintegração da mesma, momentos antes do fornecimento aos animais. Ainda, deve-se priorizar a escolha de variedades de cana-de-açúcar que apresentem melhores características (principalmente relacionado ao menor teor de fibras) e o momento da co-

lheita para que obtenha máxima produtividade associada a melhor composição bromatológica, conforme descrito por Andrade et al. (2003). A utilização da cal virgem na hidrólise da cana-de-açúcar parece estar mais associada a erros de planejamento, como escolha da cultivar a ser utilizada na alimentação animal e ao fato de tentar aumentar a estabilidade aeróbia dessa, a fim de diminuir a mão-de-obra nas propriedades rurais.



**Figura 7.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada em vários tempos de estocagem.



**Figura 8.** Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da cana-de-açúcar hidrolisada em vários tempos de estocagem.

## CONCLUSÕES

O armazenamento da cana-de-açúcar no estado integral (*in natura*) por até 96 horas após o corte, apresenta melhor composição bromatológica quando comparado à cana-de-açúcar hidrolisada, não sendo recomendado utilizar cal virgem, pois esse aditivo não atua positivamente nas características dessa graminácea.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, R. C. et al. Cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada com e sem aditivos químicos: estabilidade aeróbia dos volumosos e das rações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 10, p. 1857-1864, 2009.

ANDRADE, J. B. et al. Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para a alimentação animal. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 287-296, 2003.

CAPPELLE, E. R. et al. Estimativas no valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.

DOMINGUES, F. N. et al. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 4, p. 715-719, 2011.

EZEQUIEL, J. M. B. et al. Processamento da cana-de-açúcar: Efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1704-1710, 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FREITAS, A. W. P. et al. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1569-1574, 2008.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA, 1970. (Agricultural Handbook, 379).

JACKSON, M. G. The alkali treatments of straws. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 2, n. 2, p. 105-130, 1977.

KLOPFENSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 46, n. 3, p. 841-849, 1978.

KLOPFENSTEIN, T. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatments. In: HUBER, J. T. **Upgrading residues and products for animals**. Ed. CRC Press, 1980, p. 40-60.

KLOPFENSTEIN, T. J.; KRAUS, M. J. Chemical treatment of low quality roughages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 35, p. 418-422, 1972.

MORAES, K. A. K. et al. Parâmetros nutricionais de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 7, p. 1301-1310, 2008.

OLIVEIRA, M. D. S. et al. Efeito da hidrólise com NaOH sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 167-173, 2002.

OLIVEIRA, M. D. S. et al. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, *in natura* e ensilada para bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 41-50, 2007.

OLIVEIRA, M. D. S. et al. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 14, n. 1, p. 9-17, 2008a.

OLIVEIRA, M. D. S. et al. Efeito da hidrólise com cal virgem sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 14, n. 1, p. 19-27, 2008b.

PEDROSO, A. F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 427-432, 2005.

PINTO, A. P. et al. Degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar integral tratada com diferentes níveis de hidróxido de sódio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 503-512, 2007.

RABELO, C. H. S. et al. Composição químico-bromatológica de cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 135-143, 2010a.

RABELO, C. H. S. et al. Composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 4, p. 1137-1149, 2010b.

RABELO, C. H. S. et al. Estabilidade aeróbia em cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 2, p. 257-265, 2011.

RIBEIRO, L. S. O. et al. Valor nutritivo da cana-de-açúcar hidrolisada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 5, p. 1156-1164, 2009a.

RIBEIRO, L. S. O. et al. Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 573-585, 2009b.

SANTOS, R. V. et al. Composição química da cana-de-açúcar (*Saccharum SPP.*) e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1184-1189, 2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British of Grassland Society**, London, v. 18, p. 104-111, 1963.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2<sup>nd</sup> Edition. Cornell University Press. Ithaca, NY, 1994. 476 p.

WIGGENS, L. F. Sugar-cane wax. **Proceedings of British World Industry Sugar Technology**, London, p. 24-28, 1949.