

Artigo Número 95

HIDRÓLISE COM CAL EM CANA-DE-AÇÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES - UMA REVISÃO.

Vinícius Alexandre Borges Côrtes, Renata de Freitas Ferreira¹, Edmundo Benedetti

Resumo

A cana-de-açúcar é uma ótima fonte de volumoso para a alimentação animal por apresentar características de produção, como alto rendimento e facilidade de manejo; e fatores nutricionais que, corrigidos de maneira correta, a transformam em um recurso forrageiro de excelente qualidade. Os agentes químicos como hidróxido de cálcio e óxido de cálcio são utilizados para melhorar a qualidade nutricional, digestibilidade e estabilidade aeróbica deste volumoso tanto ensilado quanto "in natura". Eles atuam sobre a celulose e a hemicelulose, aumentando sua digestão. Os agentes alcalinizantes mais utilizados atualmente são o CaO e o Ca(OH)₂ porém, a ação hidrolisante desses químicos depende de vários fatores, dentre eles a composição da rocha que originou a cal, tipo e concentração do produto, variedade e época de corte de cana-de-açúcar, tamanho da partícula. Para a utilização de agentes químicos na cana-de-açúcar, deve-se considerar o seu valor sobre o custo final do material, relacionando o custo/benefício de sua utilização.

Palavras chave: alimentação de ruminantes, cal, cana-de-açúcar, hidrólise.

Abstract

The sugarcane is a great source of voluminous for the animal feeding for presenting production characteristics, as high revenue and handling easiness; and factor nutritional that, corrected in a correct way, they transform her in a resource to feed of quality excellent. The chemical agents as calcium hydroxide and calcium oxide are used to improve the nutritional quality, digestibility and aerobics stability of this voluminous one so much ensilage as natural. They act on the cellulose and the hemicellulose, increasing your digestion. The chemical agents more used now they are the CaO and Ca(OH)₂ however the hydrolysis action of those chemical ones it depends on several factors, among them the composition of the rock that originated the whitewash, type and concentration of the product, variety and time of sugarcane cut, size of the particle. For the chemical agents use in sugarcane, it should consider if your value on the final cost of the material, relating the cost/benefit of your use.

Key words: hydrolysis, ruminant feeding, sugar-cane, whitewash.

¹ Autor para correspondência: redefreitas@yahoo.com.br

Lista de abreviaturas

CaO	óxido de cálcio
CEL	celulose
CHOs	carboidratos solúveis
CMS	consumo de matéria seca
DIV	digestibilidade <i>in vitro</i>
DIVFDA	digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente ácido
DIVFDN	digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro
DIVL	digestibilidade <i>in vitro</i> da lignina
DIVMS	digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
DMS	degradabilidade da matéria seca
FDN	fibra em detergente neutro
FDA	fibra em detergente ácido
HEM	hemicelulose
Ca(OH) ₂	hidróxido de cálcio
LIG	lignina
MM	matéria mineral
MO	matéria orgânica
MV	matéria verde
NDT	nutrientes digestíveis totais
PB	proteína bruta
PIDA	proteína insolúvel em detergente ácido
PV ^{0,75}	peso metabólico
RMS	recuperação de matéria seca

INTRODUÇÃO

A sazonalidade climática no Brasil promove grandes oscilações na oferta de alimentos aos animais domésticos, refletindo em sua produtividade e desempenho, já que a ação direta sobre a produção de forragens torna, por vezes, a exploração de herbívoros vulnerável.

A cana-de-açúcar é um volumoso amplamente utilizado pelos produtores rurais brasileiros. Como vantagem da utilização da cana-de-açúcar pode ser citada a grande produção por área, que em comparação entre todas as gramíneas tropicais, ela detém a produção máxima, com aproximadamente 120 toneladas de MV/ha/ano em condições de sequeiro e até 250 toneladas quando irrigada; a facilidade de manejo do canavial quando comparado a outras culturas, e o fato desta forrageira estar disponível para o consumo no momento de maior escassez de alimento que é a época seca do ano. Thiago e Vieira (2002) destacam como pontos negativos na utilização da cana-de-açúcar a dificuldade do corte diário, menor consumo da mesma quando utilizada na alimentação animal, baixo teor de proteína bruta e os constituintes da sua parede celular, que apresentam um alto teor de fibra de lenta degradação ruminal e elevado teor de fibra não-degradável, o que diminui a sua viabilidade quando comparada a outras forrageiras fornecidas no cocho como a silagem de milho e sorgo.

Esses mesmos autores evidenciaram que a cana-de-açúcar oferecida como único alimento torna-se um alimento nutricionalmente desbalanceado que, por vezes, pode não atender às exigências de manutenção dos animais afetando diretamente a produção animal. No entanto, mesmo com algumas deficiências, a cana-de-açúcar pode suportar diferentes níveis de desempenho animal, dependendo da forma em que for suplementada.

Partindo de seu grande uso por parte de produtores e por apresentar características que impedem a sua utilização na produção animal, é que novos estudos têm sido desenvolvidos para aprimoramento de novas técnicas de fornecimento e armazenagem de cana-de-açúcar. Esses estudos têm o intuito de reduzir os prejuízos que a porção de fibras pouco digestíveis ou não degradáveis no rúmen trazem ao rendimento e a produção animal, além de avaliar a contribuição da adição de aditivos, na qualidade nutricional, digestibilidade e estabilidade aeróbica deste volumoso tanto ensilado quanto "in natura". A partir disso que os agentes alcalinizantes, como o óxido CaO e o Ca(OH)_2 são utilizados, mantendo as qualidades nutritivas deste volumoso por alguns dias sem a necessidade de cortes diários além de melhorar a digestibilidade da sua porção fibrosa de modo a aumentar o consumo por parte dos animais (SILVA et al., 2005).

Oliveira e colaboradores (2007a) propuseram vários fatores que podem afetar a hidrólise da cana-de-açúcar: como a cal, a concentração de óxido de cálcio e de óxido de magnésio, a quantidade utilizada, dentre outros, e também as características e condições de utilização da cana-de-açúcar como a variedade e época de corte de cana-de-açúcar, e o tamanho de partícula após a trituração. Daí a necessidade de se estabelecer formas de utilização mais adequadas para a cal em cana-de-açúcar quando relacionada à alimentação animal.

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 ruminantes necessitam de duas grandes fontes de alimentação, o volumoso e o concentrado. No entanto, o valor desses alimentos representa parcela significativa no custo de produção de carne e/ou de leite sendo responsável por até 60 a 70% dos custos de produção (EZEQUIEL et al., 2005).

Além dos carboidratos não estruturais, a fração fibrosa da cana-de-açúcar representa uma fonte potencial de energia para ruminantes. Entretanto, seu uso é limitado devido à estrutura da parede celular, que limita a digestão microbiana no rúmen. Para esses alimentos que apresentam baixa taxa de digestão da fração fibrosa, a utilização de aditivos químicos constitui-se em alternativa para elevar o valor nutritivo e assim diminuir os custos com a alimentação animal.

REVISÃO DE LITERATURA

Cana-de-açúcar no Brasil e suas características

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), originária da Nova Guiné, tem sua introdução no Brasil datada da época do descobrimento do país, sendo desde então uma cultura intensamente difundida. A partir da década de 70, com o programa Pró-álcool, a cultura da cana-de-açúcar passou a receber atenção especial, o que resultou em grandes avanços nas técnicas de produção e no lançamento de variedades com elevado potencial de produção de biomassa e açúcar. Além disso, foi observada expansão do seu cultivo para regiões tradicionais de pecuária e de produção de grãos, aumentando a sua viabilidade de uso na alimentação animal (MENDES, 2006). Hoje o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. A safra 2007/2008 está estimada em 547,18 milhões de toneladas, superior em 15,2% à safra anterior onde, cerca de 40% dessa produção, será voltada para a alimentação animal. A produtividade média dos canaviais brasileiros está prevista para 79.034 kg/ha (CONAB, 2007).

Em nosso país, as pastagens constituem a maneira mais prática e econômica de fornecer alimentos aos bovinos. Porém, aproximadamente 80% da matéria seca das forragens produzidas nas pastagens, durante o ano, está disponível na estação quente e chuvosa, tornando-se a estação fria e seca um período crítico, no qual a produção de forragens é insuficiente, sendo necessária a complementação com outras fontes de alimentos. Dessa forma, a produtividade animal, nos sistemas extensivos, varia de acordo com a oferta de pasto, permitindo ganhos razoáveis numa época e perda de peso em outra. No período seco, adicionalmente à redução na disponibilidade do pasto, ocorre redução na sua qualidade, sendo estes fatores os principais responsáveis pelos baixos índices zootécnicos observados nos rebanhos brasileiros (FERNANDES et al., 2003). A partir disso Moraes e colaboradores (2006) destacam a cana-de-açúcar como a planta forrageira com maior destaque na alimentação de ruminantes, sobretudo nas criações em minifúndios, onde o fácil cultivo, a produção no período de escassez de forragens verdes, a boa aceitação animal e a alta produção justificam a sua popularidade.

O valor nutricional da cana-de-açúcar *in natura* está diretamente ligado ao seu teor de açúcar, que pode chegar a 50% na MS, proporcionando valores de NDT da ordem de 55% a 60%; no entanto, o seu teor de proteína é extremamente baixo, não ultrapassando 4%, além do que essa proteína é de baixa digestibilidade. São também muito baixos os teores da maioria dos minerais, principalmente o fósforo (OLIVEIRA et al., 2007a). Os baixos teores de proteína e minerais, além da baixa digestibilidade, são as principais desvantagens segundo Moraes e colaboradores (2006), sendo as duas primeiras desvantagens corrigidas com uréia e suplementação mineral, respectivamente.

Alguns fatores podem afetar a qualidade da cana-de-açúcar como alimento para ruminantes, onde os mais importantes são idade da planta e a variedade (RODRIGUES; ESTEVES, 1992). Banda e Valdez (1976), estudando o efeito do estágio de maturidade sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram teor de 54,10% para a FDN, 33,40% para a FDA, 26,20% para a CEL e 5,43% para a LIG, quando analisaram canas

com 16 meses de desenvolvimento. Kung Junior e Stanley (1982), estudando o efeito do estágio de maturação no valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram para cana-de-açúcar colhida aos 24 meses teor de 52,60% para a FDN, 34,20% para a FDA, 18,40% para HEM, 24,50% para CEL e 7,30% para LIG. Oliveira e colaboradores (1996), em estudo, com 16 variedades de cana-de-açúcar, observaram que a porcentagem de FDN variou de 45,10 a 58,00% e o teor de FDA de 25,90 a 37,50% na MS. Carvalho (1992) verificou, para cinco variedades de cana-de-açúcar, que a concentração máxima de FDN ocorria próximo dos 241 dias de vegetação, havendo redução na porcentagem à medida que avançava o estágio de maturidade.

Algumas composições bromatológicas são apresentadas na Tabela 1, onde verificamos valores para MS, PB, FDN, FDA e CHO'S bastante variados. Os valores de matéria seca oscilam de acordo com a variedade e época de corte apresentando valor médio de 29,4%. Essa mesma variação também é observada na PB onde verificamos valores muito abaixo das necessidades nutricionais dos animais. Valores de FDN e FDA apresentados são relativamente elevados podendo influenciar diretamente no consumo e desempenho de diferentes categorias animais.

Tabela 1: Composição bromatológica média da cana-de-açúcar

MS %	PB	FDN	HEMI	FDA	CHO'S	FONTE
-----%MS-----						
22,9	-	29,9	-	29,9	53,3	Alli e Backer (1982)
26,7	-	-	-	28,	47,1	Alli et al. (1983)
-	-	34,9	-	42,1	-	Molina et al. (2002)
29,8	4,1	57,3	18,9	38,4	-	Pedroso (2003a)
29,3	3,4	55,5	-	37,4	23,3	Pedroso (2003b)
29,6	-	48,8	19,9	28,9	-	Azevedo et al. (2003)
29,7	-	48,5	-	29,3	-	Fernades et al. (2003)
-	-	-	-	-	19,7	Castro Neto (2003)
-	-	50,3	-	34,9	31,4	Alcântara et al. (2004)
30,0	2,6	52,9	-	-	22,7	Queiroz (2006)
35,3	2,8	52,9	20,6	32,3	20,4	Santos (2007)
29,3	3,4	55,5	18,3	37,4	11,6	Schmidt et al. (2007a)
35,2	1,5	52,1	-	34,8	-	Siqueira et al. (2007a)
26,0	2,9	53,0	22,5	30,5	41,0	Freitas et al. (2007a)
29,4	2,95	49,3	20,2	33,6	30,0	Média

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

Fonte: Adaptado de Maldonado (2007)

A cana-de-açúcar possui um comportamento fisiológico diferente das outras gramíneas tropicais, pois sua digestibilidade total aumenta com a maturidade da planta

(MENDES, 2006). Esse comportamento é observado na Tabela 2, onde verificamos também acréscimo nos valores de CHO'S e diminuição dos valores da fração FDN em relação ao tempo. Analisando os resultados, a qualidade nutricional da cana-de-açúcar aumenta com a maturidade da planta sendo que os melhores resultados são apresentados na idade de 15 meses.

Tabela 2: Composição químico-bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar em três idades, no primeiro corte

VARIÁVEL	IDADE NA COLHEITA					
	12 MESES		15 MESES		18 MESES	
	IAC	IAC	IAC	IAC	IAC	IAC
	86-2480	87-3184	86-2480	87-3184	86-2480	87-3184
MS, %	30,2	34,5	24,0	28,3	28,0	32,5
FDN, %MS	46,7	56,0	44,5	54,0	44,9	52,8
CHO'S, % MS	19,0	16,0	19,9	18,7	20,8	17,7
DIVMS, %	65,8	60,5	67,3	62,6	70,7	62,9

MS=matéria seca; PB=proteína bruta; FDN=fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; CHO'S=carboidratos solúveis; DIVMS=digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Fonte: Schmidt (2006).

Não somente os carboidratos não estruturais, mas a fração fibrosa da cana-de-açúcar representa uma fonte potencial de energia para ruminantes. Entretanto, seu uso é limitado devido à estrutura de sua parede celular, que apresenta alta concentração de FDN na forrageira, que é inversamente relacionada com a ingestão de MS pelo animal, ou seja, quanto maior for o teor de FDN menor será o consumo total (FAVARO et al., 2008) além de limitar a digestão microbiana no rúmen. Considerando-se que as bactérias rumenais que degradam a fração fibrosa utilizam o nitrogênio amoniacal como principal fonte de nitrogênio para seu crescimento, torna-se necessário uma suplementação de dietas à base de cana-de-açúcar com fontes de nitrogênio prontamente disponíveis no rumem como, por exemplo, a uréia (LANDELL, et al., 2002).

Segundo Reis e colaboradores (1995) para esse alimento que apresenta baixa taxa de digestão da fração fibrosa, que a utilização de aditivos químicos constitui-se em alternativa para elevar o valor nutritivo.

Agentes químicos alcalinizantes

Com a finalidade de melhorar a qualidade de alimentos fibrosos, procurou-se desenvolver métodos de tratamento que promovessem o rompimento da estrutura da fração fibrosa para torná-la mais digestível e, conseqüentemente, propiciar melhor aproveitamento, inclusive aumentando o consumo. Atendendo a essa necessidade uma opção são os tratamentos químicos, promovendo hidrólise por meio de agentes alcalinizantes (TEIXEIRA JUNIOR et al., 2007).



Figura 1: Alimentação de animais com cana-de-açúcar

Recentemente, a utilização de aditivos químicos tem se destacado no processo de conservação da cana-de-açúcar, principalmente os alcalinizantes de meio. A finalidade desses é interferir na dinâmica fermentativa, alterando o pH e a pressão osmótica da massa de forragem e, por conseguinte, inibir o desenvolvimento de micro-organismos indesejáveis durante a fermentação do material ensilado (SANTOS, 2007) e na manutenção das qualidades nutricionais, digestibilidade e estabilidade aeróbica do material *in natura* (SILVA et al., 2005).

Esses agentes melhoram os coeficientes de digestibilidade da cana-de-açúcar e de outras forrageiras. Atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovendo o intumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das ligações das pontes de hidrogênio, as quais, segundo Jackson (1977), confere a cristalinidade da celulose, aumentando a digestão desta e da hemicelulose. Os agentes alcalinizantes mais utilizados atualmente são o CaO e o Ca(OH)₂ porém, a ação hidrolisante desses químicos depende de vários fatores, dentre eles a composição da rocha que originou a cal, principalmente os teores de óxido de cálcio e de óxido de magnésio. Estes teores poderão apresentar variações acentuadas e significativas, o que irá influir diretamente sobre o poder hidrolisante da cal (OLIVEIRA et al., 2007b).

Na Tabela 3 são apresentados níveis de garantia de diferentes tipos de cal onde a porcentagem dos principais componentes da cal (CaO e Ca(OH)₂) são os mais importantes, por promover a ação hidrolisante desta. Quando esses valores são reduzidos, o poder hidrolisante cai e a qualidade geral da cal também. Outras características como a contaminação por metais pesados, dioxinas e furanos são os mais importantes.

O uso de substâncias alcalinizantes, como o hidróxido de sódio e de cálcio, amônia anidra e o óxido de cálcio, melhoram a digestibilidade da cana-de-açúcar e conseqüentemente o consumo desta pelos animais (ANDRADE et al., 2001). Porém, vários fatores podem afetar os resultados, tais como o tipo e concentração do produto, além da variedade e época de corte de cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2007b).

Uma das primeiras alternativas utilizadas foi o hidróxido de sódio (NaOH), mas por apresentar alguns inconvenientes tais como: grande requerimento de água para a sua aplicação; maior cuidado no manuseio do produto pela prevenção de acidentes; excesso de sódio na dieta, nas fezes e na urina; e problemas de contaminação ambiental (PINTO et al., 2003), esse produto não está sendo mais utilizado.

Tabela 3: Níveis de garantia da cal virgem e cal hidratada de acordo com o fabricante

CARACTERÍSTICAS	CAL VIRGEM (%)	CAL HIDRATADA (%)
Óxido de Cálcio Total (CaO)	Mín. 90,00	---
Hidróxido de Cálcio (Ca(OH) ₂)	---	Mín. 95,00
Óxido de Magnésio Total (MgO)	Max. 0,50	Max. 1,50
Al ₂ O ₃	Max. 0,30	Max. 0,20
SiO ₂	Max. 1,40	---
Fe ₂ O ₃	Max.0,15	Max. 0.20
S	Max. 0,07	---
Mn	---	Max. 0,008

Fonte: Mota e colaboradores (2008)

No entanto alternativas de agentes alcalinizantes como o CaO e o Ca(OH)₂ tornaram-se uma opção interessante como agente hidrolisante, o que propicia o uso rotineiro da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos de forma econômica e mais segura (CAVALI et al., 2006).

Hidrólise da cana-de-açúcar *in natura*

Hidrólise com cal virgem microprocessada (CaO)

Domingues e colaboradores (2006) demonstraram que a cal microprocessada mostrou-se eficaz no controle do crescimento de leveduras, não acontecendo o mesmo para os fungos, como também promoveu um aumento na estabilidade aeróbica da cana-de-açúcar *in natura* tratada.

Em experimento realizado por Santos e colaboradores (2006), que avaliaram o efeito do tempo, do modo de aplicação e de diferentes doses de CaO (0, 0,5, 1,0 e 1,5%), sobre a composição da fração fibrosa da cana-de-açúcar, estes afirmaram que o tratamento com CaO, especialmente nas maiores doses (1 e 1,5%), é capaz de promover alteração nos componentes da parede celular da cana-de-açúcar e redução do desaparecimento de frações orgânicas solúveis. Para a variável HEM, aumentos das doses CaO aplicadas a seco ou diluída em água levaram à redução nos valores dessa fração. Para a variável FDN, reduções significativas ocorreram com doses de 1,5% nos dois modos de aplicação. Entretanto, não houve efeito do tempo para esta dosagem, ou seja, a aplicação de 1,5% de CaO reduziu imediatamente o teor de FDN (tempo 0 hora) e, a partir daí, reduções significativas deixaram de ocorrer. Os teores de FDA foram reduzidos significativamente nas doses de 1 e 1,5 % no tempo 0 hora, independentemente do

modo de aplicação. Novamente, não houve efeito do tempo quando doses altas de CaO foram utilizadas.

Silva e colaboradores (2005) verificaram que a hidrólise da cana-de-açúcar por meio da cal micropulverizada melhorou a DIVMS e da FDN, o que poderia melhorar o CMS.

Comparando as variações dos teores de MS, PB, FDN, FDA e HEM na cana-de-açúcar hidrolisada com doses crescentes de CaO e diferentes tempos de exposição ao ar, Domingues e colaboradores (2007) verificaram um aumento do teor de MS com a elevação das doses de cal virgem administradas e ao tempo de exposição ao ar; os teores de PB diminuíram com o aumento da dose de cal virgem e aumentaram com relação ao tempo por crescimento de micro-organismos. A cal microprocessada mostrou-se eficaz na solubilização da parede celular da cana-de-açúcar onde doses superiores a 1% apresentaram melhores resultados.

Para Oliveira e colaboradores (2007a) avaliando a hidrólise da cana-de-açúcar com óxido de cálcio verificou que a dosagem mais indicada foi 1%, por causar redução nos teores de FDN e HEM da cana-de-açúcar. Com relação ao tamanho da partícula, esse fator influenciou apenas no teor de HEM, podendo a cana-de-açúcar ser picada em picadeira convencional, coincidindo com o manejo de rotina feita na maioria das propriedades.

Em outro trabalho realizado por Oliveira e colaboradores (2007c) a hidrólise da cana-de-açúcar com a cal processada influenciou a DIVMS, FDN, FDA e da LIG, sendo que o nível de 0,5% de cal microprocessada mostrou-se mais interessante do ponto de vista da digestibilidade dos nutrientes estudados.

Segundo Teixeira Junior e colaboradores (2007) a hidrólise da cana-de-açúcar, variedade IAC 862480, com 1 % de óxido de cálcio é o tratamento mais indicado por causar redução nos teores de FDN e HEM. Sendo que o tamanho da partícula influenciou, significativamente, apenas no teor de HEM.

Contrapondo a esse autor, Moraes e colaboradores (2006) verificaram que a hidrólise da cana-de-açúcar com 1% de óxido de cálcio na base da matéria natural não promoveu melhoria no consumo de matéria seca e no ganho médio diário de novilhas mestiças holandês-zebu. A divergência de resultados entre os trabalhos permite inferir que o consumo de MS é uma variável complexa, que pode ser afetada por diversos fatores, relativos ao animal, ao alimento, à alimentação e às condições climáticas, que interagem e passam a ser determinantes. Segundo esses mesmos autores não há necessidade de dissolver a cal na água, pois a cana-de-açúcar oferece quantidade de água além da necessária para que ocorra a hidratação da cal.

Hidrólise com Cal hidratada (Ca(OH)₂)

Oliveira e colaboradores (2006a) avaliando a hidrólise de cana-de-açúcar com 0,5% de cal hidratada (72% de óxido de cálcio total) verificaram que o tratamento alcalino proporcionou melhoria na DIVMS, FDN e da FDA da cana-de-açúcar sendo que a forma de aplicação poderá ser tanto em solução quanto em pó, não influenciando na qualidade final do alimento. Os autores destacam que a ação menor ou maior da cal hidratada sobre a cana-de-açúcar ocorrerá em função de vários fatores, tais como: a concentração de óxido de cálcio total, tamanho da partícula, quantidade utilizada na hidrólise, forma de aplicação, homogeneização da mistura (solução ou em pó), tempo de hidrólise, maturação e variedade da cana-de-açúcar, dentre outros. Portanto, o sucesso da hidrólise é função da homogeneidade da mistura cana-de-açúcar com cal hidratada ou em pó.



Figura 2: Hidrolisador de cana-de-açúcar para utilização de cal em pó.



Figura 3: Hidrolisador de cana-de-açúcar simplificado.

De acordo com Oliveira e colaboradores (2006b), a mesma concentração de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (0,5 %), promoveu a ação alcalinizante e ao mesmo tempo foi observada ação hidrolisante sobre algumas frações da fibra bruta da cana-de-açúcar. Houve diferença significativa sobre os teores de FDN e de HEM da cana-de-açúcar. Houve pequena redução (5,84%) no teor de FDN da cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal, demonstrando que a ação entumecedora da cal como agente alcalinizante se fez mais acentuadamente sobre a HEM. Notou-se uma redução de 11,53% no teor de HEM da cana-de-açúcar devido à hidrólise. Este fato é interessante, pois nesse nível, possivelmente houve solubilização parcial da HEM. Tanto a forma de aplicação quanto os tempos de hidrólise não afetaram estatisticamente os teores de FDN e de HEM.

Esses autores demonstraram ainda diferenças significativas nas médias MO e de MM da cana-de-açúcar apenas para os níveis de cal. Considerando-se o adicional de minerais contidos na cal, era de se esperar aumento no teor de MM e conseqüentemente diminuição no teor de MO da cana-de-açúcar. De fato, houve queda de 2,10 % no teor de MO e aumento de 69,45% no teor de MM. Salienta-se que devido a este aspecto, deve-se atentar para a formulação da ração a fim de proporcionar uma dieta equilibrada em minerais, especialmente em relação ao cálcio e fósforo.

Contestando os resultados de outros estudos, Oliveira e colaboradores (2007b) evidenciaram que a hidrólise da cana-de-açúcar com a cal hidratada (níveis de 0,5 ou 0,6% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) não proporcionou redução nos teores de FDN e de hemicelulose, evidenciando que tais níveis não foram suficientes em promover a ação hidrolisante. O que deixa claro que vários fatores podem influenciar na hidrólise de cana-de-açúcar de acordo com a estratégia de hidrólise adotada, pois, Fávaro e colaboradores (2008) avaliando os teores de FDN e FDA constataram que a cal hidratada foi eficiente em reduzir-los, mesmo em concentrações baixas, observando que o processo ocorreu mais rapidamente quando a concentração do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ foi 1% em relação à concentração de 0,5%

Oliveira e colaboradores (2006c) notaram que o tempo de hidrólise não influenciou na DIVMS, DIVFDA e da DIVFDN. Tal fato indicou que a partir de três horas o efeito hidrolisante da cal já ocorreu de forma mais intensa, de tal forma que até as seis horas de hidrólise a DIVMS foi mantida apesar do efeito ainda estar ocorrendo.

Ensilagem de cana-de-açúcar

A silagem de forrageiras é a principal forma de armazenamento de volumoso e a mais utilizada em todo o mundo. O método é vantajoso porque possibilita o fornecimento de alimento palatável durante todo o ano, principalmente no período de seca, onde se tem escassez na produção de forrageiras. Com a utilização deste recurso é possível aumentar a lotação das pastagens no verão e manter essa lotação no inverno sem que os animais percam peso ou diminuam a produção leiteira. Por outro lado, o processo de ensilagem exige maior emprego de capital, como equipamentos e maquinários necessários ao corte, transporte, compactação e distribuição nos cochos (GIMENES et al., 2005).

Segundo esses mesmos autores durante o processo de ensilagem, a forragem verde colocada no silo sofre transformação até a estabilização completa da massa, adquirindo as características de silagem. O principal objetivo do processo de ensilagem é alcançar valores de pH suficiente para inibir o crescimento de micro-organismos indesejáveis e a atividade do catabolismo enzimático da planta ensilada.

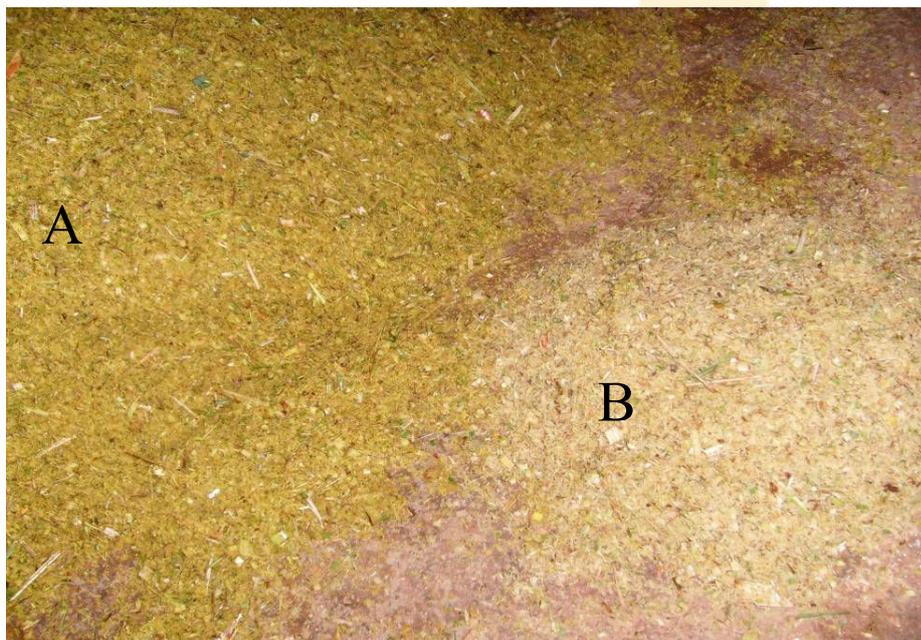


Figura 4: Justaposição entre (A) cana-de-açúcar hidrolisada com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e (B) cana-de-açúcar in natura.

Esta transformação compreende um processo de fermentação, dividido em: uma fase aeróbia (fase I), curta (em torno de um dia), onde ocorre a respiração celular da planta e das bactérias aeróbias presentes, consumindo carboidratos solúveis, com produção de gás carbônico, água e calor. Esta fase termina quando praticamente todo o oxigênio é eliminado do silo. Em seguida inicia-se uma fase anaeróbia (fase II), de 24 a 72 horas, onde ocorre o crescimento de bactérias produtoras de ácidos, principalmente o acético, e redução do pH do material ensilado para valores abaixo de 5,0. À medida que diminui o pH, diminui o crescimento das bactérias produtoras de ácido acético. A fase III compreende o desenvolvimento de outro grupo de bactérias anaeróbias produtoras de ácido láctico. Na fase IV, as bactérias ácido lácticas começam a proliferar e fermentar os carboidratos solúveis, produzindo ácido láctico e promovendo a preservação eficiente do material ensilado (HOLZER et al., 1999). Esta é a fase mais longa do processo de ensilagem e continua até o pH ser suficientemente baixo para inibir o crescimento de todas as bactérias, fungos e leveduras. Quando este pH é alcançado, significa que está em fase de preservação anaeróbia.

A microbiota da silagem é importante para o sucesso do processo de conservação. Pode ser dividida em desejáveis e indesejáveis. Os desejáveis são as bactérias ácido lácticas, e as indesejáveis são aqueles que são ineficientes na conservação da forragem por sua baixa capacidade (ou mesmo a incapacidade) de acidificar o meio, apresentando alto consumo de nutrientes (leveduras, clostrídios, e enterobactérias) ou deterioração aeróbica (leveduras, fungos, bacilos e *Listeria*) (DANIEL, 2006)

A cana-de-açúcar também pode ser ensilada como outras forrageiras, pois contém as principais características necessárias para o processo de produção de silagem: teor de matéria seca em torno de 25 a 30% (sendo o ideal próximo a 34%); teor de carboidratos solúveis próximo a 10% da matéria natural; e poder tampão, que permite a queda do pH para valores próximos a 3,5 (VALVASORI et al., 1995). Entretanto, ocorrem problemas quanto à reação bioquímica da produção de etanol, catalisada via fermentativa por

leveduras, com alta produção de CO₂ e volatilização do álcool, levando a perdas consideráveis (BALIEIRO NETO et al., 2005).

Por apresentar alto teor de carboidratos não fibrosos (CNF) na forma de sacarose, um dissacarídeo constituído por glicose e frutose (diferente de outras forrageiras como milho e sorgo), a silagem de cana-de-açúcar apresenta intensa fermentação alcoólica por leveduras, resultando em perdas de aproximadamente 30% da MS levando ao acúmulo de componentes da parede celular e redução da DIVMS (FERREIRA et al., 2007). Além disso, as silagens apresentam alto teor de carboidratos residuais e ácido lático e acético que são substratos potencialmente utilizáveis pelos micro-organismos deterioradores desta após a abertura dos silos.

Segundo Nussio e Schmidt (2004) a maior causa de perda de MS na silagem de cana-de-açúcar é a reação bioquímica da produção de etanol, em que a MS é catalisada via fermentação pelas leveduras, de modo que cada molécula de glicose fermentada gera duas moléculas de etanol, duas de dióxido de carbono e duas moléculas de água. De acordo com MacDonald e colaboradores (1991), o etanol produzido nas silagens pode acarretar perdas de até 48% da MS.

Andrade e colaboradores (2001) observaram redução na produção de etanol à medida que níveis mais altos de rolão-de-milho foram aplicados na ensilagem da cana-de-açúcar, demonstrando que o aumento do teor de matéria seca inibe a produção de etanol. Foi observada redução de 99% na produção de etanol com a elevação do teor de matéria seca de 20,9 para 27,7%. Além disso, dependendo da qualidade nutricional do material utilizado como aditivo absorvente, pode-se melhorar não só o padrão de fermentação, como também o valor nutritivo da silagem.

Tem-se demonstrado que a ensilagem da cana-de-açúcar de forma isolada ocasiona redução acentuada no seu valor nutritivo (KUNG JUNIOR; STANLEY 1982; ANDRADE et al., 2001). A diminuição do valor nutritivo da cana-de-açúcar ensilada foi relatada por Alcântara e colaboradores (1989), que observavam redução na DIVMS de 66,4% para 55,3% e no consumo voluntário de 7,1% para 5,7% do PV^{0,75}, em ovinos alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* e silagem de cana-de-açúcar, respectivamente

Coan e colaboradores (2002), avaliando a composição química da cana-de-açúcar fresca e ensilada, observaram os seguintes valores: para a MS, 27,3% para 20,9%; FDN, 42,1% para 54,95%; FDA, 34,9% para 43,8%, e LIG, de 6,8% para 7,2%, respectivamente, para cana-de-açúcar *in natura* e ensilada. Comprovando uma redução no valor nutritivo da cana-de-açúcar ensilada.

No intuito de melhorar o processo de fermentação e melhorar a digestibilidade da fibra, muitos produtores têm utilizado os aditivos baseando-se apenas nas informações contidas nos rótulos dos produtos comerciais. Porém, a utilização sem avaliação da qualidade nutricional pode aumentar o custo do material ensilado. Além disso, importância crescente tem sido dispensada ao processo de preservação das silagens relacionando sua estabilidade aeróbia, sobretudo durante a fase de sua utilização. Em muitas fazendas, as silagens passam por vários graus de deterioração aeróbia, sejam por erro de manejo ou por dimensionamentos errôneos os silos, estragando rapidamente o material ensilado. Em termos práticos, isto pode ser verificado pelo aumento de temperatura da silagem durante o fornecimento no cocho, sendo considerado um importante critério de avaliação do processo de deterioração aeróbia (GIMENES et al., 2005)

Hidrólise da cana-de-açúcar ensilada com Cal virgem microprocessada

Santos e colaboradores (2006) afirmaram que a utilização do óxido de cálcio em silagens de cana-de-açúcar foi capaz de promover alteração nos componentes da parede celular da cana-de-açúcar e redução do desaparecimento de frações orgânicas solúveis.

Segundo Balieiro Neto e colaboradores (2006), silagens com a variedade IAC 86-2480 apresentaram maior degradabilidade da matéria seca (DMS) quando comparada a IAC 91-2195 em todos os tempos de incubação (3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96h), independentemente do tratamento com óxido ou da utilização de substratos úmidos ou secos. Conforme estes autores, tudo indica que quando a forragem tratada com óxido de cálcio permanece por 72 horas na estufa com ventilação forçada de ar a 65°C para secagem, houve aumento do tempo de contato do aditivo com a forragem, sendo que as alterações ambientais não impediram a continuidade da reação provocada pelo aditivo. É provável que tenha ocorrido ruptura da célula e extravasamento de conteúdo celular. Os nutrientes disponibilizados neste período foram perdidos por volatilização ou deram origem a complexos insolúveis e conseqüentemente, forragens com aditivos alcalinos depois de seca apresentaram menos nutrientes digestíveis, resultando em maior resíduo após a incubação e menor DMS.

O efeito de níveis de CaO na ensilagem da variedade IAC 86-2480 foi avaliado por Balieiro Neto e colaboradores (2005), que observaram redução nos constituintes da parede celular e aumento na DIV das silagens, decorrente dos níveis crescentes de cal virgem aplicados. Ainda neste trabalho, silagens com 2% cal, tiveram menor produção de gás que silagens sem cal (6,95 vs 9,44%), e minimizaram a perda por efluentes. Já nas silagens com 0,5% de cal, onde não foram significativas as diferenças entre valores de perda por gás, houve maior produção de efluentes. Considerando-se que micro-organismos como as leveduras fermentam sacarose a etanol e gás carbônico pode-se deduzir que a menor produção de gás sugere menor fermentação. Por outro lado, nutrientes solubilizados podem favorecer o crescimento microbiano e talvez por isso, silagens com 0,5 e 1% de cal, que tiveram maiores perdas por efluentes, não apresentaram redução significativa na produção de gás. O crescimento de micro-organismos é uma atividade que produz água, contribuindo para a formação de efluentes. A natureza da fermentação também influencia a produção de efluentes. Portanto, provavelmente os valores de pH também influenciaram a produção de efluentes, já que o mesmo interfere sobre o desenvolvimento de micro-organismos. Houve alteração significativa sobre os valores de pH, aumentando linearmente para silagens com maiores doses de cal.

Segundo Schmidt e colaboradores (2006), o efeito de níveis de CaO na ensilagem da variedade IAC86-2480 levou a uma redução nos constituintes da parede celular e aumento na DIV das silagens, decorrente dos níveis crescentes de cal virgem aplicados.

Todas as variáveis analisadas por Cavali e colaboradores (2006) foram influenciadas pelos níveis de cal nas silagens, excetuando-se os teores de LIG, PIDA e CHOs. O teor de MS das silagens aumentou linearmente com o nível de cal. Tal fato pode ser explicado pela capacidade de retenção de água da cal, resultando inclusive em menor produção de efluente com a adição de níveis crescentes de cal. A HEM decresceu linearmente estimando-se reduções de 3,33 unidades por unidade de cal adicionada. Isto pode ser explicado pela ação degradadora dos álcalis sobre as ligações ésteres entre ácidos fenólicos e glicídios da parede celular expondo mais hemicelulose e celulose aos micro-organismos ruminais, contribuindo para aumento na digestibilidade, conforme verificado no trabalho.

Os teores de PB decresceram linearmente com as doses de cal. O aumento do pH já era esperado, em decorrência da natureza alcalina do produto aplicado. Já a produção

de efluente decresceu linearmente com a adição do alcalinizante. Como consequência, a RMS foi maior na presença de cal, cuja característica em análise ajustou-se a um modelo linear crescente, em função do nível desta. A adição de 1,5% de óxido de cálcio promoveu menor perda por gases, melhorou a RMS e o valor nutritivo das silagens (CAVALI et al., 2006).

Em experimento utilizando óxido de cálcio, todas as silagens adicionadas com cal apresentaram valores da fração A da MS acima de 50%. Com relação aos parâmetros relativos à degradabilidade da FDN das silagens, a fração B, apresentou valores numericamente mais elevados nas silagens com 1; 1,5 e 2% de cal, em função do efeito alcalino da cal. A fração indegradável da FDN apresentou valores menores naquelas silagens com níveis mais altos de cal. Observou-se aumento na taxa fracional de degradação (Kd) da FDN nas silagens tratadas até o nível de 1,5% de cal. A presença de cal favoreceu a degradabilidade ruminal potencial da MS e da FDN das silagens (CAVALI et al., 2007).

Segundo Amaral e colaboradores (2008), as menores perdas gasosas foram observadas nos tratamentos contendo fontes de cal virgem ou calcário. As silagens tratadas com esses aditivos apresentaram maior teor de carboidratos solúveis residuais e de ácidos acético e butírico, além de reduzida fermentação alcoólica. A adição da cal virgem e do calcário no momento da ensilagem auxiliou na obtenção de melhor padrão fermentativo das silagens, promovendo redução na produção por gases, inibição da fermentação alcoólica e maior quantidade de carboidratos solúveis remanescentes.

Ao determinar a DIVMS, DIVFDN, DIVFDA e a DIVL de duas variedades (IAC 862480 e RB 835453) de cana-de-açúcar hidrolisadas com zero %, 0,5% e 1,0% de cal, durante três horas, *in natura* e ensiladas durante sessenta dias, Oliveira e colaboradores (2007a) observaram que a variedade IAC 862480 apresentou maior DIVMS, DIVFDN e da DIVFDA, considerando-se os níveis de cal utilizados, entretanto a DIVFDN foi maior apenas para a silagem de cana-de-açúcar ($P < 0,01$) nos níveis de 0,5% e 1,0% de cal. De modo geral, a hidrólise da cana-de-açúcar, com o nível de 0,5% de cal processada, mostrou-se mais interessante do ponto de vista da digestibilidade dos nutrientes estudados. No caso da silagem de cana-de-açúcar, o nível de 1,0% mostrou-se mais eficiente em melhorar a digestibilidade. Também se observou menor DIVMS para silagem. Tal fato é decorrente do processo fermentativo que ocorre durante a ensilagem da cana-de-açúcar, causando perda de matéria seca diante da fermentação alcoólica.

Para Siqueira (2005) durante a ensilagem ocorreram quedas nos teores de carboidratos não fibrosos e aumento no teor de FDN, prejudicando a inibição da fermentação de leveduras.

Hidrólise da cana-de-açúcar ensilada com Cal hidratada

Caetano e colaboradores (2008) avaliando a silagem de cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5 e 1,0% de calcário calcítico, de cal hidratada dolomítica, de cal hidratada calcítica e de cal virgem dolomítica, na forma de pó ou diluídos em água verificaram que o emprego dos aditivos melhorou o perfil fermentativo das silagens de cana-de-açúcar já que reduziu o teor de etanol e elevou o teor de ácido láctico, apesar de elevar também o teor de ácido butírico e o valor do pH, refletindo em relativamente menor perda de matéria seca. O uso dos aditivos também melhorou a estabilidade aeróbia, já que resultou em menor temperatura máxima e numa tendência de redução da taxa de elevação da temperatura. Dentre os aditivos a cal hidratada (dolomítica ou calcítica) e a dose de 0,5% proporcionaram os resultados médios mais satisfatórios para a ensilagem da cana-de-açúcar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cana-de-açúcar apresenta-se como uma promissora fonte de volumoso para a alimentação animal por apresentar características de produção, como alto rendimento e facilidade de manejo; fatores nutricionais podem ser corrigidos de maneira correta, transformando-a em um recurso forrageiro de qualidade.

Para otimização do uso de cana-de-açúcar, a hidrólise com cal virgem microprocessada e cal hidratada tornam-se alternativas que promovem melhorias na qualidade nutricional e na capacidade de conservação da forrageira, podendo esta ser utilizada de diferentes formas na alimentação animal.

O processamento de hidrólise da forrageira não influi no trabalho diário da propriedade, podendo a cal ser aplicada tanto em pó quanto em solução; a cana-de-açúcar ser processada com maquinário já existente na propriedade, sem a necessidade de grandes investimentos.

A utilização da cal não deve ser considerada como substituto do manejo adequado da ensilagem (colheita, compactação, armazenamento e vedação).

Para a utilização de alcalinizantes em silagens, deve-se considerar o seu valor sobre o custo final do material ensilado, relacionando o custo/benefício de sua utilização.

Após a revisão algumas recomendações podem ser adotadas visando à melhoria das características do alimento como: a utilização de cal virgem, pelas melhorias apresentadas na qualidade nutricional do alimento; dose de 1% de CaO, pela ação hidrolisante e pela facilidade de cálculo por parte dos produtores; o tempo de hidrólise para a cana-de-açúcar *in natura* de 3 horas e para a silagem de 40 dias após a vedação; modo de aplicação, tanto em pó quanto em solução dependendo da disponibilidade de equipamento por parte do produtor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT, R.; SHIMADA. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane fresh and ensiled with and without NaOH. **Animal Feed Science and Technology**, v. 23, p. 323-331, 1989.

AMARAL, E.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; QUEIROZ, A.A.; FERREIRA, E.M.; RODRIGUES, G.H. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos. 1. Dinâmica fermentativa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, Lavras, 2008. **Anais...** Lavras: SBZ, CD ROM, 2008.

ANDRADE, J.B.; JÚNIOR, E.F.; BRAUN, G. Valor nutritivo de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1265-1268, 2001.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R.; REIS, R.A.; SILVA, D.N.; ROTH, A.P.T.P.; ROTH, M.T.P. Pós abertura de silagem de cana-de-açúcar cv IAC 86-2480 (*Saccharum officinarum* L) com doses de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, CD ROM 2005.

BALIEIRO NETO, G.; LIMA, M.L.P.; REIS, R.A.; SIMILI, F.F.; NOGUEIRA, J.R.; MEDEIROS, M.I.M. Determinação da degradabilidade ruminal "in situ" com amostras secas ou úmidas de duas variedades de cana-de-açúcar tratadas ou não com óxido de cálcio. In: REUNIÃO

ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

BANDA, M.; VALDEZ, R.E. Effect of stage of maturity on nutritive value of sugar cane. **Tropical Animal Production**, v. 1, n. 2, p. 94- 97, 1976.

CAETANO, H.; SILVA, M.A.; MORENO, B.T.; BERGAMASCHINI, A.F.; SOARES FILHO, C.V. Perfil fermentativo, perda de matéria seca e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, Lavras, 2008. **Anais...** Lavras: SBZ, CD ROM, 2008.

CARVALHO, G. J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte.** 1992. 63 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; SOUSA, L. O.; PENTEADO, D. C. S.; CARVALHO, I. P. C.; SANTOS, E. M.; CEZÁRIO, A. Silagem de cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; ROSA, L. O.; PENTEADO, D. C. S.; CARVALHO, G. G.; PORTO, M.O.; SALES, M.F.L. Degradabilidade ruminal de silagens de cana-de-açúcar produzidas com óxido de cálcio "1". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal, 2007. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, CD ROM, 2007.

COAN, R. M.; SILVEIRA, R. N.; BERNARDES, T. F., REIS R. A.; MORENO, T. T. B.; MOREIRA, A.L. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002 (CD ROM).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.** BRASIL, 2007. Disponível em: <http://www.conab.com.gov.br>. Acesso em 01 nov.2007.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; SANTOS, J.; ANDRADE, A.T.; MOTEIRO, R.R.; ROTH, M.T.P.; MAGARIO, F.B. Efeitos das doses de cal (CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbia e dinâmica de micro-organismos da cana-de-açúcar "in natura"¹. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; MOTA, D.A.; SIQUEIRA, G.R.; SANTOS, J.; JUNIOR, D.J.T. Parâmetros bromatológicos da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de cal virgem (CaO) microprocessada em diferentes tempos de exposição ao ar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal, 2007. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, CD ROM, 2007.

EZEQUIEL, J.M.B.; QUEIROZ, M.A.A.; GALATI, R.L.; MENDES, A.R.; PEREIRA, E.M.O.; FATURI, C.; FILHO, V.F.N.; FEITOSA, J.V. Processamento da cana-de-açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p. 1704-1710, 2005.

FAVARO, V.R.; NASCIMENTO, A.C.A.; CAMPOS, A.F.; PIAU, T.S.; RODRIGUES, D.J.; GONÇALVES, J.; EZEQUIEL, J.M.B. Cana-de-açúcar hidrolisada com diferentes concentrações de hidróxido de cálcio, efeitos sobre: matéria mineral, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, Lavras, 2008. **Anais...** Lavras: SBZ, CD ROM, 2008.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição química-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003.

FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; MOLINA, L.R.; CASTRO NETO, A.G.; TOMICH, T.R. Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.2,p.423-433, 2007.

GIMENES, A.L.G.; MOREIRA, F.B.; MIZUBUTI, I. Y.; PEREIRA, E.S. Efeito da utilização de inoculantes em silagens de forrageiras sobre os teores de proteína e fibra, digestibilidade dos nutrientes, pH, fermentação e estabilidade aeróbia. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 26, n. 4, p. 601-610, out./dez. 2005.

HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; DANNER, H.; MADZINGAIDZO, L.; BRAUN, R. Effect of *Lactobacillus sp* and *Enterococcus sp* on ensilaging and aerobic stability. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE. 12, 1999, Uppsala. **Proceedings...**Uppsala: Sweden, p.270-271, 1999.

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

KUNG JUNIOR., K.; STANLEY, R. W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of wholeplant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, v. 54, n. 4, p. 689-695, 1982.

LANDELL, M.G. A .; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A. A. **A variedade IAC 862480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Série Tecnológica APTA, Boletim Técnico IAC 193, 2002. 36p.

MACDONALD, P.; HENDERSON,A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2ed. Marlow:Chalcomb Puble, 1991.340p.

MALDONADO, J.G.M. **Associação de aditivos químicos e microbianos no controle da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MENDES, C.Q. **Silagem de cana-de-açúcar na alimentação de caprinos e ovinos: valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo**. 2006. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MORAES, K. A. K.; FILHO, S. C. V.; MORAES, E. H. B. K.; LEO, M.I.; VALADARES, R.F.D; DETMANN, E.; BRITO, A.F.; NALON, P.M.; SOLERO, B.P.; COOKE, S.V.; PEREIRA, D.H. Desempenho de novilhas mestiças recebendo dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N.; MANZI, G.M.; FERREIRA, D.S.; SANTOS, J.; SFORCINI, M. Teores de macrominerais da cana-de-açúcar *in natura* (*Saccharum officinarum* L.) submetida ou não a hidrólise com diferentes tipos de cales. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, Lavras, 2008. **Anais...** Lavras: SBZ, CD ROM 2008.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2, 2004. Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2004. p.1-33.

OLIVEIRA, M. D. S.; SAMPAIO, A.A.M.; CASAGRANDE, A.A.; NEVES, D.F.; VIEIRA, P.F. Estudo da composição químico-bromatológica de algumas variedades de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1996. v. 2, p. 314.

OLIVEIRA, M.D.S.; SHINODA, J.; ODRICK, R.; SANTOS, J.; LOPES, A.D.; SILVA, T.M.; OLIVEIRA, I.S.; MOTA, D.A.; BRITO, D.R.B. Efeito da hidrólise com cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006a. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD-ROM, 2006.

OLIVEIRA, M.D.S.; SHINODA, J.; ODRICK, R.; SANTOS, J.; LOPES, A.D.; SILVA, T.M.; OLIVEIRA, I.S.; MOTA, D.A.; BRITO, D.R.B. Efeito da hidrólise com cal (hidróxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006b. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD-ROM, 2006.

OLIVEIRA, M. D. S.; SHINODA, J.; BODRICK, R. Efeito da hidrólise com a cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006c. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

OLIVEIRA, M.D.S.; MOTA, D.A.; DOMINGUES, F.N.; LOPES, A.D.; SANTOS, J. Efeito da hidrólise com cal virgem (óxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal, 2007a. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, CD ROM, 2007.

OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N.; SANTOS, J.; MOTA, D.A.; LOPES, A.D. Avaliação Da cal hidratada (hidróxido de cálcio) como agente hidrolisante da cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal, 2007b. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, CD ROM, 2007.

OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; SILVA, T.M.; FERNNDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; CARABOLANTE, A. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, *in natura* e ensilada para bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 41-50, 2007c.

PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S. MIZUBUTI, I.I. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.24, n.1, p. 74-84, jan./jun.2003.

REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., PEDROSO, P. Avaliações de fontes de amônia para o tratamento de volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.4, p.486-493, 1995.

RODRIGUES, A. A.; ESTEVES, S. N. **Cana-de- açúcar e uréia para alimentação de bovinos na época da seca**. São Carlos: Embrapa-UEPAE, 1992. 30 p. (Circular Técnica, 6)

SANTOS, M.C.; NUSSIO L.G.; MOURÃO, G.B.; MARI, L.J.; QUEIROZ, O.C.M.; RIBEIRO, J.L.; SCHMIDT, P.; ZOPOLLATO, M.; SOUSA, D.P.; FILHO, S.G.T.; SARTURI, J.O. Avaliação de constituintes da parede celular de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L) "in natura" tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar in natura e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L.; OLIVEIRA, J.E.; MOURAO, G.B.; QUEIROZ, O.C.M.; SARTURI, J.O.; ZOPOLLATO, M. Desempenho de novilhas de corte alimentadas com rações contendo silagens de cana-de-açúcar de duas variedades aditivadas com cal virgem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

SILVA, T.M.; OLIVEIRA, M.D.S., SAMPAIO, A.A.M.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRAO, E.; RIBEIRO, G.M.; FAZOLO, B. Efeito da hidrólise de diferentes variedades de cana-de-açúcar sobre a digestibilidade ruminal *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, CD ROM, 2005.

SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2005. 92p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2005.

TEIXEIRA JUNIOR, D.J.; OLIVEIRA, M.D.S. MOTA, D.A.; DOMINGUES, F.N.; SANTOS, J.; DOURADO, T.H. Efeito da cal virgem (óxido de cálcio) como agente hidrolisante sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar após 24 horas de tratamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal, 2007. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, CD ROM, 2007.

THIAGO, L.R.L.; VIEIRA, J.M. Cana-de-açúcar: uma alternativa de alimento para a seca. Embrapa Gado de Corte, **Comunicado Técnico** nº 73, dez. de 2002.

VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; ARCARO, J.R.P. Avaliação da cana de açúcar em substituição à silagem de milho para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.32, n.4, p.224-228, 1995.