

Óxido de CaO e hidróxido de $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ no tratamento de volumosos

Gabriel Rodrigues Silva Oliveira¹, Aureliano José Vieira Pires¹, Raiane Barbosa Mendes² & Tainan da Silva Batista²

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil

² Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil

Correspondência: Gabriel Rodrigues Silva Oliveira, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil. E-mail: gabrisilva97@gmail.com

Recebido: Fevereiro 07, 2023

Aceito: Abril 01, 2023

Publicado: Agosto 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i8.311

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i8.311>

Resumo

Objetivou-se com esta revisão compilar informações a respeito do tratamento de alimentos volumosos com óxidos e hidróxidos de cálcio e seu fornecimento para ruminantes. Esse tratamento visa melhorar a digestibilidade dos volumosos por meio hidrólise alcalina, beneficiando o valor nutricional. Estudos vem sendo desenvolvidos com intuito de melhorar as características nutritivas e diminuir a frequência de corte pelo armazenamento da cana-de-açúcar a partir de seu tratamento com óxido (CaO) ou hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). No entanto, esses tratamentos nem sempre conseguem melhorar as composições dos alimentos, principalmente nos teores de fibras e digestibilidade. Deste modo, o tratamento de forragens utilizando óxidos e hidróxidos de cálcio não é recomendado pela falta de resultados que demonstrem melhoria na qualidade da forragem, características de consumo e desempenho animal.

Palavras-chave: alimentos volumosos, produção de ruminantes, tratamento alcalino.

CaO oxide and hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) in the treatment of roughage

Abstract

The aim of this review was to compile information about the treatment of bulky foods with calcium oxides and hydroxides and their supply to ruminants. This treatment aims to improve the digestibility of roughage through alkaline hydrolysis, benefiting the nutritional value. Studies have been developed with the aim of improving the nutritional characteristics and reducing the frequency of cutting through the storage of sugarcane from its treatment with oxide (CaO) or calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). However, these treatments are not always able to improve the composition of foods, especially in terms of fiber and digestibility. This way, forage treatment using calcium oxides and hydroxides is not recommended due to the lack of results that demonstrate improvement in forage quality, consumption characteristics and animal performance.

Key words: forage feed, ruminant production, alkaline treatment.

1. Introdução

A produção de ruminantes é uma das atividades de maior importância e maior crescimento no Brasil. Sendo uma atividade que demanda constante atualização de tecnologias visando a maior produção de alimento por área para esses animais, que devido aos diferentes sistemas de produção, possuem uma dieta que se adequa melhor a realidade de cada produtor.

Entretanto, segundo De Moraes et al. (2016), a maior dificuldade encontrada pelo setor pecuário brasileiro é a acentuada estacionalidade de produção forrageira resultante da existência de duas estações climáticas bem definidas: uma com abundância de chuvas e outra com escassez de chuvas. Sendo assim o uso de alternativas para suplementação de animais, no período de escassez forrageira, reduzem os efeitos negativos provocados pela estacionalidade da produção, favorecendo a competitividade da produção pecuária. Dentre estas alternativas, o tratamento de volumosos com uma fonte de cálcio pode se apresentar como uma opção viável para conservação e melhoria na qualidade desses alimentos.

Como se sabe, existem os sistemas de produção a pasto, onde a alimentação desses animais se dá pela coleta da forragem verde no pasto, com ou sem suplementação a base de concentrado. E existe também os sistemas de confinamento, onde os animais são alimentados com dietas à base de alimentos volumosos e concentrados, em proporções previamente definidas.

O concentrado utilizado pode variar dependendo da região e de outros fatores, mas em sua base é composto por milho como fonte de energia e farelo de soja como fonte proteica. Já o volumoso ofertado pode ser oriundo de diversas fontes, desde forragens de clima tropical verdes ou secas, que possuem cerca de 0,4% de Ca em sua composição, silagens e resíduos ou subprodutos da agroindústria, como o bagaço de cana-de-açúcar.

A utilização desses resíduos e subprodutos vem crescendo ao longo dos anos como alternativa eficaz na alimentação do rebanho e no aproveitamento de matéria prima que antes, não era aproveitada. Os resíduos industriais surgem como alternativas aos alimentos convencionais com o apelo ambiental e da redução dos custos de produção (Chaves et al., 2014).

A utilização destes resíduos industriais se torna mais relevante quando consideramos que a alimentação é o componente de maior custo em um sistema de produção animal e que os volumosos constituem a base das dietas nos sistemas de produção de ruminantes no Brasil (Reis et al., 2013).

No entanto, um fator limitante na utilização desses resíduos e subprodutos em muitos casos é o baixo valor nutritivo desse material, pois como se sabe, esses alimentos compõem a principal fonte de fibra da dieta. Assim sendo, existem diversos tratamentos que visam melhorar o valor nutricional, diminuir os níveis de fibra, de modo a não se tornar um fator limitante, ou até mesmo aumentar a disponibilidade dos nutrientes para os animais, como a adição de óxidos de cálcio (CaO) e hidróxidos de cálcio (Ca(OH)₂).

Este tratamento consiste na utilização de cal microprocessada ou micropulverizada, um produto de origem mineral, que passa por um processo industrial e adquire aparência de matéria refinada (Martines, 2006).

Segundo Sforcini (2014), a cal micropulverizada é proveniente de rochas calcíticas, que depois de britadas, peneiradas e calcinadas em temperaturas entre 800 e 1 100°C, fornecem como produto final o óxido de cálcio, também conhecido como cal virgem. A reação do óxido de cálcio com água produz o hidróxido de cálcio, uma base da família dos metais alcalinos terrosos que apresenta grau de dissociação elevado e solubilidade em água reduzida, porém superior aos produtos que lhe deram origem.

Deste modo, objetivou-se com esta revisão compilar informações sobre o tratamento de alimentos volumosos com óxidos e hidróxidos de cálcio e seu fornecimento para ruminantes.

2. Material e Métodos

2.1 Tipo de pesquisa

Este trabalho foi construído utilizando metodologia exploratória, onde procurou-se buscar na literatura científica, desenvolvida a partir de materiais publicados, constituídos principalmente de livros, revistas, artigos científicos, monografias e teses, mediante a busca dos conhecimentos disponíveis e o direcionamento de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. O levantamento da produção científica sobre o tema proposto, foi realizado através dos bancos de dados disponíveis eletronicamente em sites como: Scientific Library Online (SciELO), Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ) e Google Acadêmico.

2.2 Seleção

A seleção buscou artigos e periódicos que apresentam datas respectivas aos anos de 2010 a 2022, porém alguns trabalhos publicados antes desse período, foram considerados, por se tratar do tema citado. Após o levantamento bibliográfico, foi realizada a leitura exploratória do conteúdo encontrado, obtendo uma visão global do material de interesse a pesquisa. Em seguida, foi realizado a leitura seletiva, a qual permitiu determinar qual material bibliográfico realmente fosse de interesse da pesquisa. Foram utilizados como critério de inclusão artigos, livros e teses com temas associados ao da pesquisa, que datam entre 2010 e 2022. Os artigos selecionados foram na língua portuguesa e inglesa e submetidos a leituras e análise na íntegra. Foram utilizados como critério de exclusão os artigos, livros e teses com temas não associados ao da pesquisa.

3. Importância do tratamento

As pastagens tropicais caracterizam-se por apresentar grande vigor e maior produção durante o período chuvoso,

ficando aptas a ser pastejadas com adequado valor nutritivo, porém, no período seco apresentam uma baixa produção e baixo valor nutritivo com baixa digestibilidade devido seu elevado teor de lignina (Silva et al., 2016). Sendo assim, dietas utilizadas para alimentar os animais no período seco que visam além de manter o peso dos animais, melhorar seu desempenho, seja na produção de leite ou de carne, são extremamente importantes para diminuir a sazonalidade da produção. Uma das formas de atingir esse objetivo é com a melhoria da digestibilidade dos volumosos através da adição de aditivos alcalinos, que por meio da hidrólise, beneficiam o valor nutricional desses alimentos (Romão et al., 2014).

Esses compostos químicos atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovendo o fenômeno conhecido como “intumescimento alcalino da celulose”, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, que, segundo Jackson (1977), conferem a cristalinidade da celulose, além de promoverem o aumento na digestão da celulose e hemicelulose.

O teor de lignina não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação desse tratamento leva ao aumento da taxa de digestão da fibra, devido às quebras das ligações entre as frações celulose e hemicelulose facilitando a ação dos microrganismos ruminais sob a parede celular dos alimentos (Klopfenstein, 1980).

Carvalho et al. (2009), realizaram um estudo com bagaço de cana-de-açúcar submetido a tratamento alcalino utilizando óxido de cálcio nas doses de 1,25%, 2,5% e 3,75% da MS e os períodos de 12h e 36h de tratamento, para avaliar os efeitos desse aditivo sob a qualidade nutricional do bagaço.

Tabela 1. Teores de MS, FDN, FDA, CEL e DIVMS do bagaço de cana-de-açúcar em função do período de tratamento e doses de CaO.

Itens	Período (horas)		Doses de CaO (%MS)				Efeito*		CV (%)
	12	36	0	1,25	2,5	3,75	Período	CaO	
MS	39,3	45,8	41,7	42,3	42,3	43,7	<0,001	ns	3,1
FDN	59,3	61,4	63,3	61,6	59,7	56,6	ns	<0,001	2,0
FDA	50,9	53,0	54,8	53,3	51,5	49,2	ns	<0,001	3,2
CEL	44,4	45,8	47,2	47,4	44,2	41,5	ns	<0,001	3,4
DIVMS	52,8	52,3	50,1	52,6	52,4	55,4	ns	0,0002	3,4

Nota: *Nível crítico de probabilidade de 1%; ns = não significativo ($p > 0,01$). MS = matéria seca, FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido, CEL = celulose, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2009).

A matéria seca (MS) do bagaço não foi influenciada pela adição do óxido de cálcio, entretanto, sofreu influência do período de tratamento. A adição das doses de CaO afetou os níveis de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), (Tabela 1).

Conforme observado na Tabela 1, as variáveis FDN, FDA e CEL apresentaram comportamento linear decrescente, com aproximadamente 1,77, 1,74, 1,63% de redução para cada unidade de CaO adicionado, respectivamente, descritos pelas equações apresentadas na Tabela 2. Já a DIVMS apresentou comportamento linear crescente com aproximadamente 1,16% de aumento para cada 1% de CaO adicionado (Tabela 2).

De acordo com os autores, a elevação no teor de matéria seca se deu pela forma como o material foi armazenado durante o experimento, em galpão coberto, exposto ao ar e, portanto, sujeito a desidratação constante. Quanto aos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e celulose, a diminuição linear nos teores destes componentes pode ser explicada pela ocorrência da hidrólise alcalina e solubilização de componentes da parede celular.

O aumento linear da digestibilidade *in vitro* da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar ocorre como resultado da hidrólise alcalina, rompendo as ligações e causando expansão da celulose, que por consequência, aumenta a eficiência do ataque microbiano a parede celular, melhorando assim a digestibilidade (Carvalho et al., 2009).

Além da melhoria no valor nutritivo e digestibilidade dos volumosos, a utilização dos agentes alcalinizantes na hidrólise da cana-de-açúcar tem como objetivo melhorar o valor nutritivo da cana e, pela elevação do pH da cana hidrolisada, inibir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, permitindo assim a estocagem desse

material por um período maior (Domingues et al., 2011).

Tabela 2. Equações de regressão e coeficiente de determinação para FDN, FDA, CEL e DIVMS do bagaço de cana-de-açúcar em função das doses de CaO.

Itens	Equações de regressão	R ²
FDN	$Y = 63,6422 - 1,77089X$	0,98
FDA	$Y = 55,2143 - 1,73914X$	0,96
CEL	$Y = 48,1371 - 1,63328X$	0,89
DIVMS	$Y = 50,3802 + 1,16537X$	0,97

Nota: FDN = fibra em detergente neutro. FDA = fibra em detergente ácido. CEL = celulose, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Fonte: adaptado de Carvalho et al. (2009).

3.1 Fatores que afetam o tratamento

Como pode-se perceber no estudo de Carvalho et al. (2009), o tratamento de volumosos com aditivos químicos é uma técnica sujeita a ação de fatores como a dose do aditivo utilizada e o período de tratamento que podem ou não afetar a qualidade final do produto desejado, seja ele o valor nutritivo do volumoso trabalhado ou características de desempenho animal.

Saber a influência desses fatores é de suma importância na hora de realizar o tratamento desses materiais para que o processo seja otimizado da melhor forma de acordo com as condições de cada produtor.

Segundo Oliveira et al. (2008), a ação da cal utilizada depende de diversos fatores, entre os fatores destaca-se o teor de óxido de cálcio contido na cal, que deve ser maior que 90%, em virtude desse componente químico ser o principal atuante sobre a parede celular das forragens.

Deste modo, quando se utiliza cales com baixa concentração de CaO se faz necessário a aplicação de doses maiores sobre o material para que ocorra a hidrólise eficiente dos componentes fibrosos (Missio, 2016).

No que se refere ao período de tratamento dos materiais, ou seja, o tempo de contato entre a cal e a forragem, Côrtes et al. (2009), observaram que o tempo mínimo de contato da cal com a cana-de-açúcar para ocorrer hidrólise é de três horas.

Pina et al. (2011) realizaram um estudo para avaliar a influência dos níveis de inclusão e tempo de exposição da cana-de-açúcar ao óxido de cálcio sobre os parâmetros digestivos e o desempenho de novilhas Nelore com aproximadamente 24 meses de idade e peso médio de 285 kg. Foram utilizados 3 níveis de inclusão do CaO (0, 0,5 ou 1% na matéria natural) e dois tempos de exposição (0 e 3 dias).

Tabela 3. Consumo dos componentes da dieta por novilhas Nelore em crescimento.

Itens	Tempos (dias)		P	Cal (%MN)			P
	0	3		0	0,5	1,0	
MS	5,95	6,19	0,32	6,29	6,26	5,65	0,05
MO	5,61	5,78	0,45	6,00	5,88	5,21	0,01
PB	0,68	0,70	0,56	0,71	0,71	0,65	0,07
EE	0,10	0,11	0,02	0,11	0,10	0,10	0,11
FDNcp	2,05	2,49	<0,01	2,43	2,34	2,05	0,01
CNF	2,80	2,46	0,002	2,71	2,76	2,42	0,02
NDT	3,37	3,55	0,27	3,60	3,74	3,04	<0,01

Nota: P = valor P; MS = matéria seca. Adaptado de Pina et al. (2011).

Os tempos de exposição da cana-de-açúcar a cal influenciaram no consumo de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDNcp) e carboidratos não fibrosos (CNF), enquanto os níveis de cal influenciaram de forma linear decrescente os consumos de matéria orgânica (MO), FDNcp e CNF, enquanto o consumo de nutriente digestíveis totais (NDT) apresentou comportamento quadrático, sendo estimado o consumo máximo com 0,33% de cal (Tabela 3).

Segundo os autores, o aumento no consumo de FDNcp e a redução do consumo dos CNF observados durante o armazenamento da cana-de-açúcar por três dias, pode ser devido à fermentação da cana-de-açúcar ocorrida durante o seu armazenamento, o que é refletido na composição química das dietas, corroborando com resultados encontrados em pesquisas anteriores.

Dessa forma, concluiu-se que a conservação desse material para fornecimento aos animais por pelo menos 72 horas após o corte não influencia o consumo de componentes da dieta, mas permite melhor logística e redução dos custos associados com corte, transporte e trituração do material.

Ainda no que se refere as doses do aditivo aplicadas no tratamento da forragem, Romão et al. (2013) avaliaram o fracionamento de carboidratos e a degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio.

Tabela 4. Teores médios de carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem as frações potencialmente degradáveis (B2) e fração indigestível da parede celular (C) da cana-de-açúcar *in natura* e tratada com óxido de cálcio.

Itens	Cana <i>in natura</i>	Óxido de cálcio na cana-de-açúcar (% MN)							CV (%)
		0	0,75	1,5	2,25	3,0	3,75	4,5	
CT ¹	95,1	93,3	93,1	90,6*	88,6*	88,9*	84,7*	83,6*	1,5
		Frações de carboidratos (% CT)							
A+B1	47,4	38,0*	42,5*	47,0	52,0*	53,2*	50,6*	49,8*	2,5
B2	32,2	40,0*	38,1*	37,3*	35,6*	38,3*	41,2*	42,5*	4,2
C	20,4	22,0	19,4	15,7*	12,4*	8,5*	8,2*	7,7*	6,4

Nota: *Médias seguidas com asterisco diferem da cana-de-açúcar *in natura* (testemunha) ($p < 0,05$) pelo teste Dunnett; ¹Em % da matéria seca; CV = coeficiente de variação em %; MN = matéria natural. Adaptado de Romão et al. (2013).

Para avaliação do fracionamento de carboidratos foram testadas as porcentagens de 0; 0,75; 1,5; 2,25; 3,0; 3,75 e 4,5% de CaO além da cana-de-açúcar *in natura* como testemunha, já para avaliar a degradabilidade *in situ* da MS e da FDN foram testadas as porcentagens de 0; 1,5; 3,0 e 4,5% de CaO. O período em o material ficou em contato com o aditivo foi padronizado entre todos os tratamentos, sendo estabelecido o tempo de 24 horas.

Os autores encontraram que a porcentagem de inclusão de CaO na cana-de-açúcar proporcionou valores mais baixos para teores de carboidratos totais (CT) comparados aos valores da cana-de-açúcar *in natura*, com crescimento linear das frações A+B1 e B2, e redução na fração C da cana-de-açúcar em função da porcentagem de CaO.

Enquanto os maiores valores de fração insolúvel potencialmente degradável da MS e menores de fração indigestível (Ip) da FDN foram observados na cana-de-açúcar com 3,0 e 4,5% de CaO (Tabela 4).

Conforme apresentado na Tabela 4 o teor de CT e a fração C diminuíram de forma linear em função dos níveis de CaO na cana-de-açúcar, com decréscimo de cerca de 2,27 e 3,4% para cada unidade de CaO utilizada, respectivamente, descritos pelas equações apresentadas na Tabela 5. Em contrapartida, verificou-se um aumento linear das frações A+B1 e B2 em função da adição de CaO, com elevação de aproximadamente 2,93 e 0,52% para cada unidade de CaO utilizada, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Equações de regressão e coeficiente de determinação para CT, frações A+B1, B2 e C da cana-de-açúcar em função das doses de CaO.

Itens	Equações de regressão	R ²
CT	$Y = 94,1059 - 2,27080X$	0,95
A+B1	$Y = 41,1639 + 2,93168X$	0,72
B2	$Y = 36,9 + 0,5247X$	0,81
C	$Y = 21,1788 - 3,44511X$	0,94

Fonte: Adaptado de Romão et al. (2013).

De acordo com os autores, a diminuição no teor de CT pode ser explicada pela elevação do teor de matéria mineral da cana-de-açúcar tratada com níveis de CaO, que contribuiu para redução do teor de CT, uma vez que matéria mineral é subtraída no cálculo para quantificar os carboidratos totais dos alimentos.

No que se refere a diminuição da fração C dos carboidratos, os resultados indicaram que, com adição a partir de 1,5% de CaO na cana-de-açúcar, ocorre significativa redução dos componentes indigestíveis dos carboidratos, essa redução pode estar relacionada com a ação do CaO na lignina da parede celular conferindo maior digestibilidade dos carboidratos fibrosos dessa forragem.

Quanto aos carboidratos não fibrosos (fração A+B1), a cana de açúcar com 0; 0,75 e 1,5% de CaO apresentou menor valor em relação a cana-de-açúcar *in natura*, os autores sugerem que essa redução aconteceu possivelmente pela presença de fermentação da cana-de-açúcar tratada com essas porcentagens de CaO, tendo em vista que foi observado aquecimento no material no final das 24 horas, momento em que as amostras foram coletadas para armazenamento.

O aquecimento proveniente da fermentação pode ter provocado queima de carboidratos solúveis (açúcares) da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, redução da fração A+B1. É importante salientar tal observação tendo em vista que os carboidratos não fibrosos apresentam rápida degradação ruminal e a diminuição destes na cana-de-açúcar pode ocasionar menor disponibilidade de energia para o desenvolvimento dos microrganismos ruminais.

No entanto, de forma geral, foi verificada um aumento linear da fração A+B1 da cana-de-açúcar, que segundo os autores, deve-se as alterações promovidas na parede celular do material, diminuindo os componentes fibrosos. Além disso, os autores pontuam que provavelmente não tenha ocorrido fermentação na cana-de-açúcar tratada a partir de 1,5% de CaO, preservando a fração A+B1.

Com relação ao crescimento linear dos teores da fração B2 em função das doses de CaO, os autores afirmam que foi decorrente de possíveis alterações ocasionadas na parede celular do material, por meio da solubilização de componentes indigestíveis e disponibilização dos potencialmente digestíveis.

Deste modo, os autores concluíram através deste estudo que porcentagens de óxido de cálcio a partir de 1,5% na cana de açúcar promovem aumento da fração solúvel e da fração disponível da fibra e redução da fração indigestível. Por outro lado, a adição de 3,0 e 4,5% do CaO melhora as taxas de degradação ruminal tanto da matéria seca quando da fibra em detergente neutro.

Como já se sabe, todo esse tratamento consiste na melhoria da qualidade nutricional da forragem para fornecimento aos animais, como forma de completar a dieta dos mesmos no que se refere as exigências de fibra para manutenção dos sistemas ruminais e na prevenção de distúrbios metabólicos, muito comuns em dietas ricas em energia e pobres em fibras.

Deste modo, avaliar a influência desses aditivos alcalinos na alimentação dos animais é de fundamental importância para definir os benefícios e, caso haja, malefícios, do uso destes tratamentos no comportamento ingestivo dos ruminantes, além dos seus efeitos na qualidade dos produtos finais desses animais, como a carne e o leite.

3.2 Desempenho animal

Carvalho et al. (2011), avaliaram o comportamento ingestivo de caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. No experimento foram utilizados oito caprinos da raça Saanen, machos

castrados, com peso corporal médio de 22,6 kg e 4 meses de idade, distribuídos em dois quadrados latinos 4 × 4, com quatro períodos experimentais de 14 dias.

As dietas deste experimento foram formuladas para ser isoproteicas e conter 14% de proteína bruta, com 70% de cana-de-açúcar tratada com 0; 0,75; 1,5 ou 2,25% de óxido de cálcio (com base na matéria natural) corrigida com 1% de ureia e 30% de concentrado fornecidas a vontade.

Tabela 6. Médias de quadrados mínimos e coeficiente de variação (CV, em %) referentes ao comportamento ingestivo de caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar *in natura* ou tratada de óxido de cálcio (CaO).

Itens	Tratamentos				CV (%)
	Cana <i>in natura</i>	0,75 ¹	1,5 ¹	2,25 ¹	
Consumo em 24 horas (kg)					
CMS ²	0,816	0,882	0,938	1,011	20,8
CFDNcp ³	0,294	0,330	0,330	0,325	23,7
Alimentação					
Min/dia	267,5	251,3	276,9	263,8	21,2
Min/kg MS	345,8	295,1	304,1	265,5	22,6
Min/kg FDNcp	978,2	797,2	866,8	831,7	24,0
Ruminação					
Min/dia	521,9	546,9	566,3	564,4	12,3
Min/kg MS	666,6	658,1	618,6	570,6	18,2
Min/kg FDNcp	1875,5	1778,1	1768,4	1789,5	19,6
Mastigação					
Min/dia	789,4	798,1	843,1	828,1	10,7
Min/kg MS	1012,4	953,2	922,7	836,1	15,8
Min/kg FDNcp	2853,7	2575,3	2635,3	2621,3	17,7
Ócio					
Min/dia	650,6	641,9	595,9	611,9	13,9

Nota: ¹em % da MN; ²Consumo de matéria seca; ³Consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CV = coeficiente de variação em %. Adaptado de Carvalho et al. (2011).

No que se refere ao período de tratamento, os autores afirmam que a cana-de-açúcar com a adição das doses de óxido de cálcio, foi triturada em desintegradora estacionária, pesada e acondicionada em baldes plásticos de 50 L, tratada com o óxido de cálcio e fornecida aos animais após 24 horas de armazenamento.

Segundo os autores, em nenhum dos contrastes avaliados foi observado efeito ($p > 0,05$) das doses de óxido de cálcio na cana-de-açúcar sobre o consumo de matéria seca, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína e variáveis comportamentais (Tabela 6).

De acordo com os autores, muitos são os fatores que podem afetar a ingestão de alimentos em ruminantes, provocando efeito direto no seu comportamento, dentre eles o teor de FDN e a forma física da dieta. A ausência de efeito significativo nas atividades de ruminação, entretanto, foi explicada pela proximidade na composição das dietas, uma vez que o volumoso e o concentrado foram os mesmos, diferenciando apenas pelas doses de óxido de cálcio utilizadas no tratamento químico da cana-de-açúcar.

Com relação aos resultados encontrados no estudo, os autores justificam a influência da qualidade do volumoso sobre a atividade de ruminação utilizando o trabalho de Carvalho et al. (2006), que observou teores de FDN na dieta total iguais a 49,4 e 55,9% referentes aos níveis mais elevados de FDN da forragem, 41 e 48%, respectivamente, sendo superiores ao valor máximo de 41% de FDNcp, observado na dieta do seu estudo.

No que se refere a ausência de efeito significativo ($p > 0,05$) observada para as atividades de mastigação, os autores relacionaram com a proximidade da composição química das dietas, principalmente pela possível semelhança entre o tamanho de partículas dos alimentos, já que o processamento adotado foi o mesmo nas diferentes dietas experimentais.

Os autores abordam a relação direta que existe entre a eficiência de alimentação e ruminação com os níveis de ingestão de nutrientes dos animais, desta forma, a ausência de efeito significativo para os consumos de MS e FDN, pode ter contribuído para a falta de significância entre as eficiências de alimentação e ruminação sobre as sob efeito das doses de óxido de cálcio utilizadas.

Com base nos resultados apresentados, os autores concluíram que as atividades diárias de alimentação, ruminação e ócio de caprinos em crescimento não são influenciadas pela utilização de dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. Devido as doses utilizadas no trabalho, os autores afirmam ainda que o uso de óxido de cálcio no tratamento da cana-de-açúcar em doses de até 2,25% não altera a eficiência de alimentação e ruminação em caprinos, não diferindo dos valores observados para utilização da cana-de-açúcar *in natura*.

Silva Junior et al. (2015), desenvolveram um estudo para avaliar os efeitos do uso de dietas contendo cana-de-açúcar *in natura* e associada com ureia e/ou cal virgem, sobre o desempenho produtivo, composição do leite e digestibilidade dos alimentos em vacas leiteiras da raça Girolando. Para tal avaliação as vacas ficaram mantidas confinadas em sistema *tie stall* recebendo os seguintes tratamentos: Cana *in natura* (Ca); Cana *in natura* com Ureia (CaUr); Cana hidrolisada com Cal Virgem (CaCal) e Cana hidrolisada com Cal Virgem mais Ureia (CaUrCal).

De acordo com os autores, o consumo apresentado pelos animais não foi influenciado pelas dietas e a melhor eficiência alimentar foi observada nos animais que consumiram CaUrCal (1,25 kg leite/kg MS) (Tabela 7). Houve diferença entre os tratamentos para a digestibilidade de carboidratos não fibrosos, em que a dieta a base de CaCal foi superior à CaUr (Tabela 7).

Tabela 7. Consumos diários de nutrientes em vacas alimentadas com Cana *in natura* (Ca), Cana *in natura* com Ureia (CaUr); Cana hidrolisada com Cal Virgem (CaCal) e Cana hidrolisada com Cal Virgem mais Ureia (CaUrCal).

Parâmetros ¹	Tratamentos ²				Médias	CV (%)
	Ca	CaUr	CaCal	CaUrCal		
CMS – kg/dia	12,16	11,90	12,38	11,39	11,96	7,83
CPC - %PC	2,42	2,34	2,47	2,26	2,36	10,30
CPB – kg/dia	2,01	1,87	2,07	1,99	1,98	27,09
CFDN – kg/dia	4,92	4,80	5,24	4,77	4,94	14,84
EA	1,10 b	1,09 b	1,09 b	1,25 a	1,14	5,27

Nota: ¹CMS: Consumo de matéria seca; CPC: Consumo de matéria seca em porcentagem do peso corporal; CPB: Consumo de proteína bruta; CFDN: Consumo de fibra em detergente neutro e EA: Eficiência alimentar. ²médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV: Coeficiente de variação em %. Adaptado de Silva Junior et al. (2015).

Segundo os autores, a similaridade dos dados de consumo observados no tratamento controle, contendo a Cana *in natura* (Ca), em relação aos demais pode ser compreendida pela ausência de déficit proteico da dieta do grupo controle, já que a ureia foi adicionada ao concentrado da dieta base.

Isso evidencia que a cana de açúcar, apesar de pobre em compostos nitrogenados, pode ser amplamente utilizada como volumoso em dietas para vacas de leite, desde que esta seja balanceada e suprida sua deficiência proteica, independente da forma com que essa correção seja efetuada.

No que se refere a hidrólise desencadeada pelo aditivo, os autores inferem que a adição de 1% de cal virgem, na matéria natural da cana de açúcar e/ou o tempo (24 horas) de ação do agente alcalinizante sobre a forrageira, possivelmente não foram suficientes para promover a quebra dos carboidratos estruturais, com consequente liberação da celulose e hemicelulose, componentes potencialmente degradáveis no rúmen-retículo e da lignina, composto amorfo e indigestível; sem haver assim, efeitos diretos sobre o consumo dos animais, em especial da fibra em detergente neutro.

Para os coeficientes de digestibilidade aparente total da MS, MO, PB, FDN, FDA, carboidratos totais (CT), extrato

etéreo (EE) e matéria mineral (MM) verificou-se que os aditivos ureia e cal virgem não influenciaram os resultados, exceto os carboidratos não fibrosos que apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$), onde o material tratado com CaCal apresentou maior digestibilidade do que com o CaUr, referentes a 95,84 e 90,35%, respectivamente.

Com relação a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura e as características físico-químicas do leite, os autores não observaram influência ($p > 0,05$), da adição de ureia e cal virgem (Tabela 8).

Tabela 8. Produção e qualidade do leite de vacas alimentadas com Cana *in natura* (Ca), Cana *in natura* com Ureia (CaUr); Cana hidrolisada com Cal Virgem (CaCal) e Cana hidrolisada com Cal Virgem mais Ureia (CaUrCal).

Parâmetros	Tratamentos ¹				Médias	CV (%)
	Ca	CaUr	CaCal	CaUrCal		
PL ² (kg/dia)	13,42	12,95	13,37	14,25	13,50	6,20
Proteína (%)	3,36	3,46	3,41	3,53	3,44	4,57
Gordura (%)	4,32	4,21	4,05	3,99	4,14	6,88
Lactose (%)	5,49	5,69	5,63	5,83	5,66	4,72
Densidade (D°)	31,82	34,73	34,73	36,05	34,33	8,88
pH	6,76	6,71	6,72	6,80	6,75	0,86

Nota: ¹médias nas linhas dos respectivos tratamentos não diferiram entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$). CV: Coeficiente de variação em %. ²Produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, segundo Evans, Yorston e Binnendyk (1993). Adaptado de Silva Junior et al. (2015).

Os autores justificam a semelhança entre os resultados referentes a produção e qualidade do leite através da ausência de diferenças no consumo e na digestibilidade dos nutrientes, o que proporcionou a mesma quantidade de nutrientes disponíveis para os animais expressarem seu potencial genético.

Deste modo, os autores concluem que a adição do composto ureia mais sulfato de amônia (1% da matéria natural) na cana-de-açúcar *in natura*, bem como seu tratamento com cal virgem (1% na matéria natural por 24 horas) não influenciam de maneira significativa no consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas Girolando, criadas em regime de confinamento.

Os autores salientam ainda que a associação dos aditivos a cana-de-açúcar proporciona melhora na eficiência alimentar, no entanto, não possuem efeitos sobre a produção de leite.

No que se refere ao efeito do uso desses aditivos sobre o desempenho consumo animal, Missio et al. (2013), realizaram um estudo para avaliar o consumo de nutrientes e o desempenho de novilhas Nelore com nove meses de idade e aproximadamente 119,6 kg de peso corporal inicial, alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar *in natura* (CN) ou hidrolisada (CH) com 0,5% de Ca(OH)_2 , armazenada por 24, 48 e 72 horas.

Os autores observaram redução de 29% no consumo de matéria seca pela adição de Ca(OH)_2 , não sofrendo alteração pelo período de armazenamento da CH (Tabela 9). As novilhas alimentadas com CH armazenada por 24, 48 e 72 horas apresentaram, respectivamente, ganhos de peso 41, 30 e 35% inferior ($P < 0,05$) comparadas as alimentadas com CN.

De acordo com os autores, a limitação do consumo pela adição de cal à cana-de-açúcar não está somente relacionada a palatabilidade do volumoso, mas também a categoria animal, visto que, para bovinos jovens, notadamente zebuínos, tem sido postulado que a aceitabilidade da CH é menor (Missio et al., 2012).

Nas dietas com CH, o armazenamento do volumoso não alterou ($p > 0,05$) o consumo dos nutrientes avaliados (Tabela 3), reflexo do similar CMS entre as dietas com CH. Tais resultados demonstraram que o período de armazenamento avaliado não alterou o valor nutritivo da forragem a ponto de alterar o consumo das frações alimentares mencionadas.

Com base nos resultados expostos, os autores não recomendam dietas com elevada proporção de cana-de-açúcar hidrolisada para alimentação de novilhas Nelore, em virtude da adição de 0,5% de hidróxido de cálcio na matéria natural, limitar a ingestão de alimento e reduzir o ganho de peso. Além disso, a hidrólise com cal hidratada não deve ser recomendada como método de conservação de forragem quando o alimento for destinado para categorias em que a palatabilidade do volumoso possa limitar a ingestão.

Tabela 9. Consumo de matéria seca e nutrientes por novilhas Nelore alimentadas com cana *in natura* ou hidrolisada armazenada por diferentes períodos.

Consumos	Tratamentos (dietas)				CN vs CH	CV (%)
	CN	CH24	CH48	CH72		
MS (kg/dia)	3,77a*	2,69b	2,97b	2,77b	0,0001	11,15
PB (kg/dia)	0,60a	0,42b	0,48b	0,42b	0,0001	14,92
FDN (kg/dia)	1,37a	0,95b	1,05b	0,98b	0,0002	14,13
CT (kg/dia)	2,93a	2,04b	2,24b	2,12b	0,0001	26,84
CNF (kg/dia)	1,44a	1,09b	1,09b	1,11b	0,0007	30,28
NDT (kg/dia)	2,43a	1,62b	1,83b	1,58b	0,0001	17,0

Nota: *Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha, diferem ($P < 0,05$) pela análise de contrastes ortogonais (Cana *in natura* versus cana hidrolisada); CN: dieta com cana *in natura*; CH24, CH48 e CH72= dietas com cana hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; CT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais. Adaptado de Missio et al. (2013).

4. Conclusões

O tratamento de alimentos volumosos como o bagaço de cana-de-açúcar utilizando óxido e hidróxido de cálcio não é recomendado pela falta de resultados que demonstrem melhoria na qualidade da forragem, características de consumo e desempenho animal. Além disso, a conservação da forragem com o aditivo também não é recomendada pela ineficiência do processo demonstrada pelos resultados apresentados.

5. Contribuições dos autores

Gabriel Rodrigues Silva Oliveira: escrita do artigo e submissão. *Aureliano José Vieira Pires*: correções científicas. *Raiane Barbosa Mendes*: correções científicas. *Tainan da Silva Batista*: correções científicas.

6. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

7. Aprovação ética

Não aplicável.

8. Referências

- Carvalho, G.G.P., Cavali, J., Fernandes, F. E. P., Rosa, L. O., Olivindo, C. S., Porto, M. O., Pires, A. J. V., & Garcia, R. (2009). Composição química e digestibilidade da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61(6), 1346-1352. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000600014>
- Carvalho, G. G. P., Pires, A. J. V., Silva, R. R., Veloso, C. M., & Silva, H. G. O. (2006). Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com dietas compostas de silagem de capim-elefante amonizada ou não e subprodutos agroindustriais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4), 1805-1812. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000600031>
- Carvalho, G. G. P. C., Garcia, R., Pires, A. J. V., Detmann, E., Ribeiro, L. S. O., Chagas, D. M. T., Silva, R. R., & Pinho, B. D. (2011). Comportamento ingestivo em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(8), 1767-1773. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000800021>
- Chaves, B. W., Stefanello, F. S., Burin, A. P., Ritt, L. A., & Nornberg, J. L. (2014). Utilização de resíduos industriais na dieta de bovinos leiteiros. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 18, 150-156.

<http://dx.doi.org/10.5902/2236117013046>

- Côrtes, V. A. B., Ferreira, R. F., & Benedetti, E. (2009). Hidrólise com cal em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) na alimentação de ruminantes - uma revisão. *Revista eletrônica Nutritime*, 6(4), 1018-1038.
- Morais, L. F., Nepomuceno, D. D., & Almeida, J. C. C. (2017). Tratamentos de volumosos de baixo valor nutritivo para ruminantes - uma revisão. *Acta tecnológica*, 11(1): 67-81. <https://doi.org/10.35818/acta.v11i1.443>
- Domingues, F. N., Oliveira, M. D. S., Siqueira, G. R., Roth, A. P. T. P., Santos, J., & Mota, D. A. (2011). Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(4), 715-719. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000400003>
- Evans, E. H., Yorston, S. A., & Binnendyk, D. V. (1993). Numerous factors affect milk protein percentage. *Feedstuffs*, 65(15), 14-21.
- Jackson, M. G. (1977). The alkali treatments of straws. *Animal Feed Science and Technology*, 2(2), 105-130. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(77\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0377-8401(77)90013-X)
- Klopfenstein, T. (1980). Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatment. *Boca Raton: CRC Press*, 1, 1-22.
- Martines, E. (2021). *Processo de hidrólise da cana para alimentação de vacas em lactação*. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 09 out. 2021.
- Missio, R. L. (2016). Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. *Archivos de Zootecnia*, 65(250), 267-278. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49545852024>
- Missio, R. L., Oliveira, M. D. S., Sforcini, M. P. R., Abud, G. C., Ferrari, V. D., Elejalde, D. A. G., & Ezequiel, J. M. B. (2012). Characteristics of forage and feeding behavior of Nellore heifers fed with hydrolyzed sugarcane. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(9), 2092-2100. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000900018>
- Missio, R. L., Oliveira, M. D. S., Sforcini, M. P. R., Restle, J., Elejalde, D. A. G., Ferrari, V. D., & Abud, G. C. (2013). Consumo de matéria seca e desempenho de novilhas Nelore alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada. *Ciência Rural*, 43(6), 1050-1056. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000069>
- Pina, D. S., Valadares filho, S. C., Tedeschi, L. O., Barbosa, A. M., Azevêdo, J. A. G., Valadares, R. F. D., Souza, N. K. P., & Fonseca, M. A. (2011). Níveis de inclusão e tempo de exposição da cana-de-açúcar ao óxido de cálcio sobre parâmetros digestivos e o desempenho de novilhas Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(3), 648-656. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000300025>
- Romão, C. O., Carvalho, G. G. P., Leite, V. M., Santos, A. S., Chagas, D. M. T., Ribeiro, O. L., Oliveira, P. A., Magalhães, A. F., & Pires, A. J. V. (2014). Chemical composition and dry matter digestibility of sugar cane oxide treated with calcium. *Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66(2), 529-538. <https://doi.org/10.1590/1678-41625930>
- Romão, C. O., Carvalho, G. G. P., Leite, V. M., Santos, A. S., Chagas, D. M. T., Ribeiro, O. L., Pinto, L. F. B., & Oliveira, R. L. (2013). Fracionamento de carboidratos e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2), 537-546. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000200033>
- Silva Junior, B. A., Oliveira, M. V. M., Maltempo Filho, P., Luz, D. F., Sterza, F. A. M., Vargas Junior, F. M., & Biazolli, W. (2015). Desempenho de vacas leiteiras alimentadas com cana de açúcar associada à ureia e tratada com cal virgem na região do Alto Pantanal Sul-Mato-Grossense. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(3), 2317-2328. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744149043>
- Silva, A. L., Amorim, D. S., Sousa, D. B., Sousa, S. V., & Silva, K. M. (2016). Tratamentos químicos em volumosos: revisão de literatura. *Revista eletrônica Nutritime*, 13(6), 4854-4860.
- Reis, R. A., Bernardes, T. F., & Siqueira, G. R. (2013). *Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).