

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR COM CALDA DE CAL
HIDRATADA E SUA APLICAÇÃO NA DIETA DE BOVINOS
LEITEIROS**

PAULO HENRIQUE FERRACINE DE SOUZA

JABOTICABAL – SP
1º Semestre/2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR COM CALDA DE CAL
HIDRATADA E SUA APLICAÇÃO NA DIETA DE BOVINOS
LEITEIROS**

PAULO HENRIQUE FERRACINE DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal,
como parte das exigências para
graduação em Engenharia
Agrônômica.

JABOTICABAL – SP
1º Semestre/2025

S729q Souza, Paulo Henrique Ferracine
Qualidade da cana-de-açúcar com calda de cal hidratada e sua aplicação na dieta de bovinos leiteiros / Paulo Henrique Ferracine Souza. -- Jaboticabal, 2025
65 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Mauro Dal Secco de Oliveira

1. Cana-de-açúcar. 2. Nutrição animal. 3. Cal hidratada. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



PAULO HENRIQUE FERRACINE DE SOUZA

**QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR COM CALDA DE CAL HIDRATADA E SUA
APLICAÇÃO NA DIETA DE BOVINOS LEITEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Agrônoma.

Área de Concentração: Bovinocultura de leite

Data da defesa: 25/06/2025

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA
Data: 01/07/2025 16:21:43-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
FABIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE
Data: 03/07/2025 18:25:26-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Luiz Checchio Mingotte

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
HEYTOR LEMOS MARTINS
Data: 07/07/2025 21:30:32-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Heytor Lemos Martins

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 25/07/25


Prof. Dr. José Mauricio Barbanti Duarte



Digitalizada com CamScanner

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Seção Técnica de Graduação
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 Jaboticabal/SP - Brasil
Tel (16) 3209-7116 e-mail: gradua@fca.vunesp.br - www.fca.vunesp.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força e saúde concedidas ao longo dessa caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira, pela orientação, paciência, dedicação e por todo o conhecimento compartilhado, fundamentais para a realização deste trabalho.

À minha família, que sempre foi a base de tudo em minha vida. Pelo apoio incondicional, carinho e incentivo nos momentos mais desafiadores da graduação.

À minha namorada, Ianne Souza, que foi essencial durante todo esse percurso. Sem o apoio, companheirismo e motivação dela, certamente tudo teria sido muito mais difícil.

Aos meus irmãos da República Canekão, que se tornaram uma extensão da minha família ao longo da graduação. A convivência, amizade e parceria foram imprescindíveis para tornar esta jornada mais fácil.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho, meu sincero muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE FIGURAS	VI
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Aspectos gerais sobre a cana-de-açúcar.....	4
3.2 Aspectos morfológicos da cana-de-açúcar	6
3.3 Aspectos relacionados com a qualidade da cana-de-açúcar	9
3.4 Composição bromatológica da cana-de-açúcar	15
3.5 Potencial das partes da planta da cana-de-açúcar para fins de alimentação de vacas leiteiras	18
3.6 Conceito de cana-de-açúcar hidrolisada.....	25
3.6.1 Agentes alcalinizantes	27
3.6.2 Fator pH	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 Local do experimento	36
4.2 Tratamentos	36
4.3 Delineamento experimental	38
4.4 Delineamento estatístico	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 pH	43
5.2 Açúcares Redutores (AR)	44
5.3 Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)	45
6. CONCLUSÃO	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
Tabela 1. Indicadores da qualidade e valores recomendados para a cana-de-açúcar.	13
Tabela 2. Composição média da cana-de-açúcar.....	16
Tabela 3. Principais constituintes da cana-de-açúcar.....	16
Tabela 4. Teores médios, em porcentagem, de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e de nutrientes digestíveis totais (NDT), matéria mineral (MM), carboidrato (CHO) e carboidratos não fibrosos (CNF) da cana-de-açúcar variedade IAC 86248, de acordo com alguns autores	17
Tabela 5. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) de algumas variedades da cana-de-açúcar utilizadas como forrageira.	18
Tabela 6. Composição química* da cal hidratada.....	36
Tabela 7. Descrição dos tratamentos principais e secundários aplicados aos toletes de cana-de-açúcar.	37
Tabela 8. Esquema da análise da variância.....	39
Tabela 9. Valores médios de pH dos toletes de cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos.	41
Tabela 10. Médias de AR (Açúcares Redutores) dos toletes de cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos.....	42
Tabela 11. Médias de ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) dos toletes de cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos.....	43

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Aspecto dos colmos da cana-de-açúcar. =	7
Figura 2. Partes da cana-de-açúcar. =	9
Figura 3. Aspecto nutricional da cana-de-açúcar. =	20
Figura 4. Composição tecnológica do colmo da cana-de-açúcar, variedade RB 72454.=.	25
Figura 5. Desdobramento da interação entre tempo de repouso e doses de cal para valores de pH da cana-de-açúcar in natura e hidrolisada. =	34
Figura 6. Detalhes dos toletes de cana-de-açúcar. =.....	38

RESUMO

INFLUÊNCIA DA CALDA COM CAL HIDRATADA SOBRE A QUALIDADE DE TOLETES DE CANA-DE-AÇÚCAR: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é amplamente utilizada como fonte de energia na alimentação de ruminantes, especialmente durante o período seco. Contudo, sua rápida deterioração após o corte compromete sua qualidade nutricional e limita sua utilização. O presente trabalho, desenvolvido em formato de revisão bibliográfica, teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento com calda de cal hidratada sobre a qualidade de toletes de cana-de-açúcar destinados à alimentação animal. A calda foi utilizada na concentração de 0,5 kg de cal hidratada para 2 litros de água por 100 kg de toletes, e os efeitos foram observados em diferentes tempos de exposição (0, 6, 24, 48 e 72 horas). Os parâmetros avaliados foram pH, açúcares redutores (AR) e açúcares totais recuperáveis (ATR). Os resultados, compilados de diversas fontes, indicam que a utilização da calda de cal hidratada contribui para a elevação do pH, promovendo maior estabilidade aeróbia e reduzindo a atividade microbiana. Além disso, a aplicação não compromete os níveis de AR e ATR, preservando o valor energético da forragem. Conclui-se que a hidrólise alcalina com cal hidratada é uma alternativa prática e economicamente viável para a conservação da cana-de-açúcar, sendo recomendada para pequenos e médios produtores de leite como estratégia de suplementação forrageira.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Alimentação animal; Cal hidratada; Açúcares; Conservação.

ABSTRACT

INFLUENCE OF HYDRATED LIME MIXTURE ON THE QUALITY OF SUGAR CANE BLOCKS: BIBLIOGRAPHICAL REVIEW

Sugarcane (*Saccharum officinarum*) is widely used as an energy source for ruminant feed, especially during the dry season. However, its rapid deterioration after cutting compromises its nutritional quality and limits its use. This study, developed as a literature review, aimed to evaluate the effect of treatment with hydrated lime on the quality of sugarcane billets intended for animal feed. The billet was used at a concentration of 0.5 kg of hydrated lime to 2 liters of water per 100 kg of billets, and the effects were observed at different exposure times (0, 6, 24, 48 and 72 hours). The parameters evaluated were pH, reducing sugars (RS) and total recoverable sugars (TRS). The results, compiled from several sources, indicate that the use of hydrated lime contributes to increasing pH, promoting greater aerobic stability and reducing microbial activity. Furthermore, the application does not compromise the levels of AR and ATR, preserving the energy value of the forage. It is concluded that alkaline hydrolysis with hydrated lime is a practical and economically viable alternative for the conservation of sugarcane, being recommended for small and medium-sized milk producers as a forage supplementation strategy.

Key words: Sugar cane; Animal feed; Hydrated lime; Sugars; Conservation.

1. INTRODUÇÃO

A deterioração (hidrólise da sacarose por bactérias), que a cana-de-açúcar sofre especialmente após o corte, aumenta a perda de açúcar, formas essas que são a tecnológica, fisiológica e microbiológica, sendo esta última decorrente da atividade microbiana inoculada após a queima ou corte (DOJAS et al., 2009).

Conforme Vian (2022), quanto menor o tempo entre a queima/corte da cana e a moagem, menor será o efeito de atividades microbianas nos colmos que ocorrem e melhor será a qualidade da matéria-prima.

A qualidade da cana-de-açúcar deve ser entendida como o conjunto de características da matéria-prima compatível com as exigências da indústria (FLORINDO AGRO, s/d).

O ATR (Açúcar Total Recuperável) é um indicativo da qualidade da cana que corresponde à soma total dos açúcares na cana, relacionado à capacidade de transformar a matéria-prima nos seus principais subprodutos: etanol e açúcar. O ATR determina o valor comercial da cana-de-açúcar antes de chegar na indústria, sendo um índice decisivo para a rentabilidade do produtor rural (PORTAL AGRICONLINE, 2021; MAIS AGRO, 2022).

Segundo a MAIS AGRO (2022), destaca-se 5 práticas a fim de proteger a qualidade da cana-de-açúcar: 1) identificação de pragas; 2) monitoramento do canavial; 3) mudas de qualidade; 4) limpeza do maquinário e 5) usam de defensivos de alta qualidade.

A produção estacional de forragem é um fato concreto, que tem causado enormes prejuízos à pecuária, pois a maioria dos produtores não se prepara

para suplementar os rebanhos no período de escassez. A moagem da cana-de-açúcar e consequente produção do bagaço acontecem justamente nesse período crítico, no qual falta alimento para os animais, ocorrendo, na maioria das vezes, perda de peso (OLIVEIRA, 2010).

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal, fora do período da safra, sofre restrições porque a forragem apresenta menor valor nutritivo, devido ao baixo teor de sacarose (MATSUOKA e HOFFMANN, 1993).

DOMINGUES et al. (2011) avaliaram o efeito da adição de cal virgem e dos tempos após a aplicação sobre a estabilidade aeróbia e o crescimento de microrganismos (leveduras e fungos) na cana-de-açúcar *in natura*. Verificaram que a aplicação de cal virgem é eficaz somente no controle do crescimento de leveduras e aumenta a estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da calda com cal hidratada sobre a alteração na qualidade de toletes de cana-de-açúcar, visando à preservação para fins de uso na alimentação de vacas leiteiras.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais sobre a cana-de-açúcar

A produção estacional de forragem é um fato concreto, que tem causado enormes prejuízos à pecuária, pois a maioria dos produtores não se prepara para suplementar os rebanhos no período de escassez. A moagem da cana-de-açúcar e consequente produção do bagaço acontecem justamente nesse período crítico, no qual falta alimento para os animais, ocorrendo, na maioria das vezes, perda de peso. O uso do bagaço de cana-de-açúcar na alimentação animal é viabilizado com o uso de tratamentos que permitiram melhorar a sua digestibilidade. Alguns agentes alcalinizantes têm sido usados para melhorar a digestibilidade por meio da hidrólise. (Pires et al., 2002).

O composto químico utilizado é o óxido de cálcio (cal virgem) ou hidróxido de cálcio (cal hidratada). A digestão pode ser definida como um processo de conversão de macromoléculas dos nutrientes em compostos mais simples, que podem ser absorvidos no trato gastrintestinal. Medidas de digestibilidade servem para qualificar os alimentos quanto ao seu valor nutritivo e são expressas pelo coeficiente de digestibilidade, indicando a quantidade percentual de cada nutriente do alimento que o animal potencialmente pode aproveitar (Van Soest, 1994; OLIVEIRA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007 e OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA, 2010).

De acordo com Cardoso et al. (2000), o principal objetivo em determinar o valor nutricional dos alimentos é ajustar a quantidade e qualidade da dieta, baseando-se nas exigências dos animais. Apesar da grande quantidade de bagaço de cana-de-açúcar produzida no Brasil, ainda são escassas as

informações disponíveis com relação à utilização e aos tratamentos adequados deste resíduo para alimentação de ruminantes, bem como respostas de desempenho animal.

As variações sazonais na produção de forragens, provocadas por irregularidades climáticas, com redução na qualidade e disponibilidade na época seca, acarretam em graves consequências na nutrição e desempenho dos rebanhos, o que justifica a necessidade de geração e desenvolvimento de tecnologias condizentes com esta realidade, capazes de serem adotadas pelos pecuaristas, visto que a produção estacional das forragens tropicais é um problema para os produtores (Silva et al, 2005).

E como alternativa para essas variações se utiliza a cana-de-açúcar, que constitui numa das mais importantes plantas forrageiras, e que, contribui para significativas reduções nos custos de produção de carne e/ou leite.

Possui um enorme potencial para uso na forma de forragem, em razão dos seus atributos: cultivada em todo o território brasileiro; cultura permanente de fácil implantação, requerendo poucos tratos culturais; produz elevados rendimentos de forragem (mais de 120 t/ha) em uma única colheita, exatamente no período de baixa disponibilidade de pasto; possui elevado conteúdo de sacarose no colmo, mantendo um bom valor nutritivo por um período de tempo suficiente para ser colhida de acordo com a necessidade, durante a estação seca e é bem consumida pelo gado (até 45 kg/vaca/dia de forragem verde), (Torres, 2001).

3.2 Aspectos morfológicos da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar : Genero: Saccharum e Espécie: officinarum, é constituída de (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2017):

- **ESTRUTURA DO COLMO (TALHO):** O talho é a parte mais importante da planta, constitui o fruto agrícola da mesma, nele se encontra armazenado o açúcar. Está formado por entre-nos que variam em longitude, grossura, forma e cor segundo a variedade. Os entre-nos estão unidos por nós, lugar onde se enxertam as folhas. Nos nós encontramos a gema que é importante na propagação da planta. Fazem-se um corte transversal do talho, observa-se a medula ao centro formada por um tecido esponjoso que contém sumo rico em açúcar;

- **FOLHAS:** Dos nós do talho brotam-se as folhas; estas são lancetadas, lineares, largas e agudas. Apresentam um nervo na veia central forte, dispostas no talho de forma alternada. A sua cor é verde e vai variando de tonalidade de acordo com a variedade e as condições de desenvolvimento da planta;

- **FLOR:** A florescência da planta aparece em forma de panicular (guino) que se desenvolve a partir do último entre-nó. A forma da mesma é característica de cada variedade, pelo qual serve também para sua identificação. Sobre as espigas se desenvolve flores hermafroditas (que têm órgãos femininos e masculinos), as quais podem produzir sementes férteis, o que permite a obtenção de novas variedades ou híbridos (plantas produtos de cruzamento de variedades) através dos trabalhos genéticos que têm sido desenvolvido nas estações experimentais. As variedades diferem em suas características de

floração. Algumas são de floração mais cedo, outras de floração mais tardia; algumas são de floração abundante, outras não florescem.

A cana-de-açúcar, quando é colhida na forma in natura, ou para uma eventual conservação, para alimentação de bovinos, tem toda sua parte aérea colhida, o colmo e as folhas, e as raízes permanecem nas touceiras que sobraram após o corte, à porção que armazena açúcares e fibras é o colmo (Figura 1), e a que compõe a fração palha são as folhas quando secas e quando vir representam o ponteiro do pé de cana-de-açúcar. De acordo com Ripoli e Ripoli (2001), o ponteiro é a parte apical da forrageira, composto de internódios em formação e são recobertos pelas bainhas das folhas da cana-de-açúcar.



Figura 1. Aspecto dos colmos da cana-de-açúcar. Fonte: Oliveira (2010).

Alguns fatores diferem em composição da cana-de-açúcar, dentre eles a grande diversidade, a maturidade fisiológica, variações climáticas e ambientais, longevidade do talhão e também a forma e tratamento em que foi submetida

essa forragem (NUSSIO et al., 2006). Barbosa e Silveira (2016) citam alguns outros fatores, como por exemplo, o tipo do solo e a forma na qual foi manejado, a adubação, condição climática durante o desenvolvimento e também durante a maturação, época da amostragem, sanidade da planta, idade fisiológica e cronológica da cana-de-açúcar.

Nos colmos se tem os entrenós, e os nós, onde se encontra as gemas. Eles se diferenciam pelo diâmetro, cor, comprimento e o formato do entrenó e a gema. Assim como os colmos, as folhas também apresentam algumas diferenças entre as diferentes variedades de cana-de-açúcar, dentre elas, o tamanho, a coloração e o formato. Em um corte transversal, são observados nos colmos a casca dura, que é feita por camadas de células lignificadas, a polpa interna, e as fibras, que são feixes vasculares, estando separadas nos nós, e quase paralelas uns feixes aos outros nos entrenós (CASTRO e CHRISTOFFOLETTI, 2005).

A planta como um todo, pode apresentar folhas mortas e secas, que após a colheita são chamadas de palha residual (Figura 2). Essa palha, mesmo que formada pelos mesmos compostos anatômicos e estruturais das folhas, não têm atividade fisiológica, apresentando um alto teor de lignina e uma concentração da fração fibra (SCHOGOR, 2008).

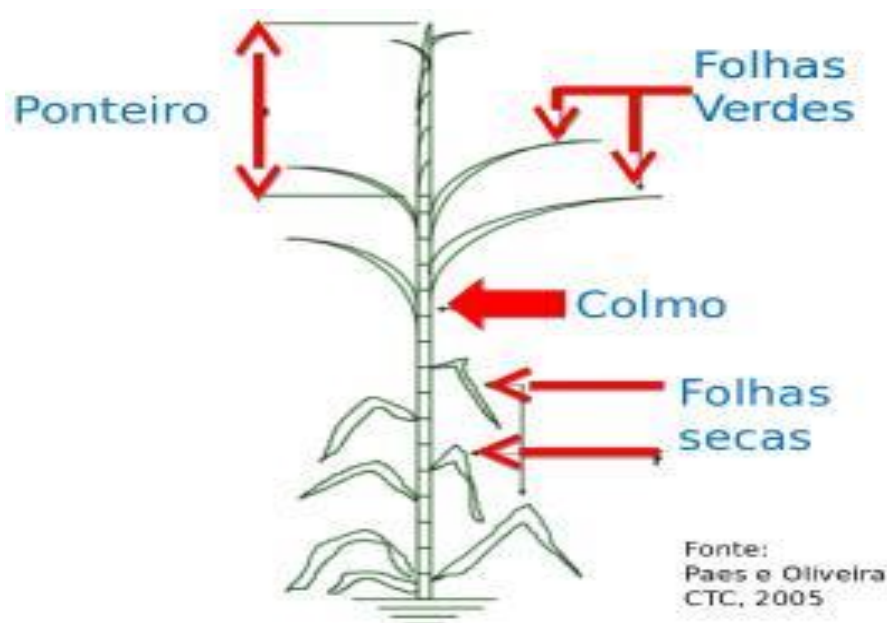


Figura 2. Partes da cana-de-açúcar. Fonte: Schogor, 2008

Segundo Townsend (2000), as folhas secas deveriam ser retiradas no momento do corte e deixadas no solo, dando uma cobertura ao solo, e ajudando a reter umidade e controlar plantas invasoras. Essas folhas secas apresentam também baixo valor nutritivo para se oferecer aos animais. Já as ponteiros e as folhas verdes, devem ser colhidos junto com o colmo, por que ajudam no aumento de consumo pelos animais.

3.3 Aspectos relacionados com a qualidade da cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar é uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, consolidando o país como o maior produtor mundial, ocupando uma área de 8,6 milhões de hectares destinada à produção sucroalcooleira e, mais recentemente, seus produtos residuais têm sido utilizados para a geração de energia elétrica renovável a partir da queima do bagaço e do palhiço (OLIVEIRA et al., 2020).

Diante da demanda dos bicom bustíveis em substituição aos derivados de petróleo, a alteração do método de colheita tem ajudado a promover, em nível mundial, a ideia da sustentabilidade do etanol combustível como fonte alternativa de energia, tendo forte apelo social e ambiental (OLIVEIRA et al., 2020).

Segundo a Stoller (2023) vários fatores afetam a qualidade da cultura da cana-de-açúcar: preparo do solo, época de plantio e qualidade e idade da muda. Tais fatores estão diretamente relacionados com a produção da cana-de-açúcar, ou seja, longevidade, tratos culturais, tratos em soqueiras.

Ainda conforme a Stoller (2023) esses cuidados (relacionados com os fatores) são importantes para que a produção atenda certos indicadores de qualidade, como teor de açúcar e presença de impurezas. Estabelecer padrões elevados e adotar práticas sustentáveis se traduz em benefícios econômicos, com safras mais rentáveis e aumento na lucratividade do negócio.

Neste contexto, Mais Agro (2022) ressalta que as pragas da cana-de-açúcar são uma das principais responsáveis por perdas de produtividade (TCH = Toneladas de Colmos por Hectare ou Toneladas de Cana por Hectare) e qualidade, pois interferem diretamente no vigor das plantas e no teor de açúcar. Assim, um MIP (Manejo Integrado de Pragas) bem-planejado durante todo o ciclo do cultivo de cana é a melhor saída para produzir mais em uma mesma área, com níveis de ATR elevados.

O ATR (Açúcar Total Recuperável) é um indicativo da qualidade da cana que corresponde à soma total dos açúcares na cana, relacionado à capacidade de transformar a matéria-prima nos seus principais subprodutos:

etanol e açúcar. O ATR determina o valor comercial da cana-de-açúcar antes de chegar na indústria, sendo um índice decisivo para a rentabilidade do produtor rural (MAIS AGRO, 2022).

Assim, TCH e concentração de açúcar são os fatores que podem influenciar o ATR. Quanto maior o ATR, maior a produção de subprodutos da cana, a partir de um mesmo volume de colheita, o que valoriza a matéria-prima. Desta forma, entre os inconvenientes que impactam negativamente o TCH e o ATR, o clima ganha destaque, seguido pela incidência de pragas. Não é possível controlar ou mesmo prever com precisão o clima, tendo em vista as adversidades climáticas que vêm sendo observadas. No entanto, o controle de pragas tem sido cada vez mais aprimorado, a fim de proteger a qualidade da cana. (MAIS AGRO, 2022).

De acordo com Florindo Agro (2022) a qualidade da cana-de-açúcar deve ser entendida como o conjunto de características da matéria-prima compatível com as exigências da indústria.

Antes, a qualidade da cana-de-açúcar era determinada exclusivamente pela POL (sacarose aparente). Atualmente, há uma definição mais completa, que engloba as características físico-químicas e microbiológicas dessa matéria-prima, que podem afetar, significativamente, a recuperação deste açúcar na fábrica e a qualidade do produto final (PORTAL AGRICONLINE, 2021; VIAN, 2022).

Dois tipos de fatores afetam a qualidade da matéria-prima destinada à indústria (Portal Agriconline, 2021; Vian, 2022):

- **Fatores intrínsecos:** relacionados à composição da cana (teores de sacarose, açúcares redutores, fibras, compostos fenólicos, amido, ácido aconítico e minerais), sendo estes afetados de acordo com a variedade da cana, variações de clima (temperatura, umidade relativa do ar, chuva), solo e tratamentos culturais;
- **Fatores extrínsecos:** relacionados a materiais estranhos ao colmo (terra, pedra, restos de cultura, plantas invasoras) ou compostos produzidos por microrganismos devido à sua ação sobre os açúcares do colmo.

Para avaliar corretamente a qualidade da matéria-prima é preciso considerar dois aspectos: a riqueza da cana em açúcares e o potencial de recuperação dos açúcares da cana. Desta forma, existe uma série de indicadores (Tabela 2) que permitem avaliar tanto a riqueza da cana como a qualidade da mesma para a recuperação dos açúcares (PORTAL AGRICONLINE, 2021; VIAN, 2022).

Tabela 1. Indicadores da qualidade e valores recomendados para a cana-de-açúcar.

Indicadores	Valores recomendados
POL	>14
Pureza (POL/Brix)	>85%
ATR (sacarose, glicose, frutose)	>15% maior possível
AR (glicose, frutose)	<0,8 %
Fibra	11 a 13 %
Tempo de queima/corte	< que 35 horas para cana com corte manual
Terra na cana (minerais)	<5 kg/t cana
Contaminação da cana	<5,0 x 10 ⁵ bastonetes/ml no caldo
Teor de álcool no caldo da cana	<0,6 % ou <0,4% Brix
Acidez sulfúrica	<0,80
Dextrana	<500 ppm/Brix
Amido da cana	<500 ppm/Brix
Broca da cana	<1,0%
Índice de Honig-Bogstra	>0,25
Palhiço na cana	<5,0%
Ácido aconítico	<1.500 ppm/Brix

Fonte: Ripoli e Ripoli (2004), citados por Portal Agriconline (2021) e Vian (2022).

Os principais fatores relacionados à qualidade da cana-de-açúcar são POL (sacarose aparente), pureza, ATR (açúcares redutores totais) na cana, teor de açúcares redutores, percentagem de fibra e tempo de queima e corte (Portal Agriconline, 2021 e Vian, (2022):

- **POL:** teor de sacarose aparente na cana. Para a indústria canavieira, quanto mais elevados os teores de sacarose, melhor;
- **Pureza:** é determinada pela relação POL/Brix x 100. Quanto maior a pureza da cana, melhor a qualidade da matéria-prima para se recuperar açúcar. Todas as substâncias que apresentam atividade óptica podem interferir na POL, como açúcares redutores (glicose e frutose), polissacarídeos e algumas proteínas;
- **ATR (Açúcares Redutores Totais):** indicador que representa a quantidade total de açúcares da cana (sacarose, glicose e frutose). O ATR é determinado pela relação POL/0,95 mais o teor de açúcares redutores. A concentração de

açúcares na cana varia, em geral, dentro da faixa de 13 a 17,5%. Entretanto, é importante lembrar que canas muito ricas e com baixa percentagem de fibras estão mais sujeitas a danos físicos e ataque de pragas e microrganismos. Os estudos mostram que nas primeiras 14 horas de deterioração da cana, 93% das perdas de sacarose foram devidas à ação de microrganismos, 5,7% por reações enzimáticas e 1,3% por reações químicas, resultantes da acidez;

- **Açúcares redutores:** é a quantidade de glicose e de frutose presentes na cana, que afetam diretamente a sua pureza, já que refletem em uma menor eficiência na recuperação da sacarose pela fábrica;

- **Porcentagem da fibra da cana:** reflete na eficiência da extração da moenda, ou seja, quanto mais alta a fibra da cana, menor será a eficiência de extração. Por outro lado, é necessário considerar que variedades de cana com baixos teores de fibra são mais susceptíveis a danos mecânicos ocasionados no corte e transporte, o que favorece a contaminação e as perdas na indústria. Quando a cana está com a fibra baixa ela também acama e quebra com o vento, o que a faz perder mais açúcar na água de lavagem;

- **Tempo de queima/corte:** é o tempo entre a queima do canavial e a sua moagem na indústria (no caso da colheita manual) ou o tempo entre o corte mecanizado e a moagem. Quanto menor o tempo entre a queima/corte da cana e a moagem, menor será o efeito de atividades microbianas nos colmos que ocorrem e melhor será a qualidade da matéria-prima entregue à indústria. Além de afetar a eficiência dos processos de produção de açúcar e álcool, o tempo de queima/corte também afeta a qualidade dos produtos finais e o desempenho dos processos.

Outros fatores que afetam a qualidade da matéria-prima são (Portal Agriconline, 2021 e Vian, (2022):

- Temperatura ambiente;
- Frequência e quantidade de chuvas;
- Umidade relativa do ar;
- Quantidade de terra na cana;
- Contaminação da cana por bactérias, fungos e leveduras;
- Teor de álcool no caldo da cana;
- Acidez do caldo, ocasionado por microrganismos;
- Concentração de dextrana, composto formado a partir da hidrólise da sacarose por bactérias, e associada, portanto, à deterioração da cana;
- Concentração de amido na cana;
- Pragas e doenças;
- Índice de honig-bogstra, que é um indicador da performance da decantação do caldo;
- Quantidade de palhiço;
- Quantidade de ácido aconítico no caldo.

3.4 Composição bromatológica da cana-de-açúcar

Considerando-se o aspecto tecnológico, a composição média da cana-de-açúcar é apresentada na Tabela 2 e os principais constituintes na Tabela 2.

Tabela 2. Composição média da cana-de-açúcar

Composição	Teor (%)
Água	65 – 75
Açúcares	11 – 18
Fibras	8 – 14
Sólidos solúveis	12 – 23

Fonte: Portal São Francisco (2017).

Tabela 3. Principais constituintes da cana-de-açúcar.

Constituintes	Sólidos solúveis (%)
Açúcares	75 a 93
Sacarose	70 a 91
Glicose	2 a 4
Frutose	2 a 4
Sais	3,0 a 5,0
De ácidos inorgânicos	1,5 a 4,5
De ácidos orgânicos	1,0 a 3,0
Proteínas	0,5 a 0,6
Amido	0,001 a 0,05
Gomas	0,3 a 0,6
Ceras e graxas	0,05 a 0,15
Corantes	3 a 5

Fonte: Portal São Francisco (2017).

Porém, a cana-de-açúcar, quando utilizada como alimento exclusivo para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, em virtude dos baixos teores de proteína e minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal causando baixa produtividade animal (Leng, 1988).

De modo geral, quanto menores os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) nessa forragem, maior será aproveitamento pelos microrganismos ruminais (Oliveira, 2008).

De acordo com Eustáquio (2006) quanto maior a concentração de sacarose na cana, melhor será o seu valor nutritivo. E para maximizar a resposta animal, quando se trabalha com cana como fonte de volumoso, esta deve ser colhida madura.

A Tabela 4, abaixo, demonstra diferentes autores comparando a composição bromatológica da variedade IAC 862480 e a Tabela 4 de algumas variedades.

Tabela 4. Teores médios, em porcentagem, de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e de nutrientes digestíveis totais (NDT), matéria mineral (MM), carboidrato (CHO) e carboidratos não fibrosos (CNF) da cana-de-açúcar variedade IAC 86248, de acordo com alguns autores

Autor	MS	MO	PB	EE	FDN	FDA	HEM	NDT	MM	CHO	CNF
1	23,39	94,27	2,93	0,50	56,33	32,76	23,21	58,76	----	----	----
2	24,76	96,94	2,65	1,24	45,25	19,66	25,59	62,48	2,04	94,05	48,2
3	28,5	----	2,24	0,39	44,0	30,2	-----	----	----	----	----
4	18,2	----	3,0	----	56,7	32,7	----	----	----	----	36,1

1 = Oliveira et al.(2008), 1º corte da cana aos 12 meses; 2 = Mota (2008), 2º corte da cana aos 12 meses; 3 = Freitas et al (2008); 4 = Teixeira et al (2008)

Tabela 5. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) de algumas variedades da cana-de-açúcar utilizadas como forrageira.

Variedades	Componentes (% na MS)						
	MS	PB	EE	FB	FDA	FDN	MM
RB72454 (a)	32,8	nd	nd	nd	26,7	45,7	nd
RB806043 (a)	34,4	nd	nd	nd	29,1	51,1	nd
RB855113 (b)	29,5	2,6	0,74	nd	nd	49,7	1,4
RB765418 (b)	29,1	2,6	0,69	nd	nd	50	1,5
RB855536 (b)	27	3,2	0,72	nd	nd	47,3	1,5
SP79-2233 (b)	27,7	3	0,65	nd	nd	45,7	1,6
SP80-1842 (b)	29,3	2,9	0,7	nd	nd	46,6	1,2
SP79-1011 (b)	19,1	2,2	0,67	nd	nd	47,2	1,5
RB867515 (b)	28,9	2,9	0,7	nd	nd	47,9	1,6
CO413 (c)	29,5	3,2	1,67	23,7	nd	nd	2
RB806043 (c)	31,7	2,7	1,92	14,8	nd	nd	3,2
RB72454 (c)	32,6	2,2	1,95	19,1	nd	nd	3,4
RB855035 (d)	33,8	2	1,1	nd	30,5	48,5	2,3
RB855046 (d)	35,3	2	1	nd	35,5	56	2,2
RB806043 (d)	30,2	1,7	0,8	nd	32,8	55	2,4
RB855575 (d)	31	2,3	0,7	nd	34,5	54,3	2,5
RB855065 (d)	33,5	2	0,8	nd	28,5	50,9	2,4
RB855574 (d)	35,5	1,7	0,8	nd	29,2	55,8	2,2
RB836006 (d)	32,6	2,1	1,1	nd	33,3	45,4	2
Média	30,7	2,4	0,98	19,2	31,12	49,8	2

nd = não determinado

Adaptado de: a) Faria et al. (1998) ; b) Fernandes et al. (2001); c) Hernandez et al. (1996) ; d) Oliveira et al.(1998)

3.5 Potencial das partes da planta da cana-de-açúcar para fins de alimentação de vacas leiteiras

O uso da cana-de-açúcar na alimentação animal, principalmente de ruminantes, tem tido importância cada vez maior no Brasil, com o objetivo de reduzir o custo da dieta, sem perdas expressivas de desempenho animal. Em sistemas de produção, tanto de leite quanto de corte, vem-se adotando a cana-de-açúcar em substituição às silagens de milho ou sorgo. A facilidade de cultivo, coincidência do melhor valor nutritivo com o período de escassez de

forragens, manutenção da qualidade nutritiva por longo tempo após a maturidade e a grande aceitação por parte dos animais são razões suficientes para explicar sua grande difusão como alimento para bovinos (Santos, 2004)

O valor nutricional da cana-de-açúcar in natura está diretamente ligado ao seu teor de açúcar que pode chegar a 50% na matéria seca proporcionando valores de nutrientes digestíveis totais 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. Apresenta teores muito baixos de minerais, principalmente o fósforo (Oliveira, 1999).

Entre os fatores que afetam a qualidade da cana-de-açúcar como alimento para ruminantes, os mais importantes são: idade da planta, concentração de sacarose e a variedade (Rodrigues e Esteves, 1992). Destaca-se que em forragens os constituintes da parede celular também são importantes. Neste contexto, o teor de fibra e a sua composição são considerados de grande importância, por duas razões principais: a) compreendem a maior fração da matéria seca da forragem; e b) constituem a fração menos digerida no trato digestivo dos animais, mesmo nos ruminantes (Thiago e Gill, 1993).

BOIN e TEDESCHI, (1993) destacaram alguns aspectos nutricionais da cana-de-açúcar:

- Produção: 80 a 120 t/ha;
- 15 a 20 t/ha de NDT – Sorgo e milho 10 t/ha de NDT;

- Baixo teores de PB e minerais = determina baixa utilização da energia digerida, apesar da digestibilidade (54 a 65 % da MS) ser considerada de valor intermediário;
- Principais componentes da cana-de-açúcar: Açúcares solúveis e a fração fibrosa: com taxa de degradação ruminal diferentes;
- Eleva a digestibilidade da MS com o avanço da idade fisiológica
- Elevação no teor de CHO solúvel (açúcares)
- Redução relativa no teor de parede celular (fração fibrosa)

Segundo OLIVEIRA (2010) a cana-de-açúcar apresenta mais parede celular que conteúdo celular, daí a grande quantidade de fibra bruta (Figura 3).

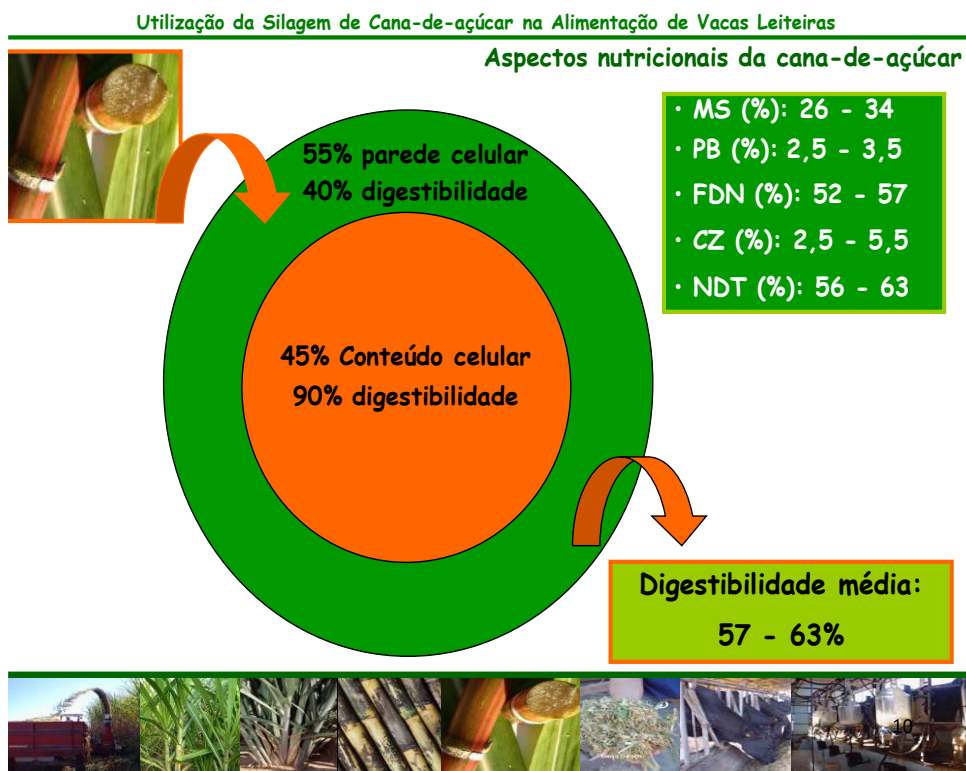


Figura 3. Aspecto nutricional da cana-de-açúcar. Fonte: OLIVEIRA (2010)

A cana-de-açúcar é amplamente utilizada como forragem suplementar no Brasil durante o inverno seco. Tradicionalmente, pequenas parcelas são colhidas diariamente e oferecidas com picado verde para os animais, mas a necessidade de maior eficiência na gestão da fazenda levou ao aumento do uso como silagem. A instalação pode ser vantajosa, pois evita operações diárias de colheita, corte e transporte da cultura. As silagens de cana-de-açúcar são caracterizadas por uma intensa fermentação alcoólica, o que resulta em altas perdas de matéria seca e grandes reduções na qualidade da forragem (Alli et al., 1982; Pedroso et al., 2005).

Na última década, a conservação da cana-de-açúcar como silagem despertou o interesse dos produtores em termos de logística e benefícios operacionais que esta técnica apresenta. Define-se silagem como sendo o produto resultante da fermentação da planta forrageira, na ausência de ar, finamente picada e acondicionada rapidamente em estrutura de armazenagem.

Pode-se enumerar algumas vantagens com a silagem da cana-de-açúcar, entre elas: foca o trabalho manual em apenas um período e pode ser colhido todo o solo, permitindo a liberação da área antes do início das chuvas e permitindo um crescimento mais uniforme da planta. No entanto, a maior limitação apresentada na ensilagem de cana consiste na alta produção de etanol, resultando em material de baixa qualidade. A descoberta de fermentação indesejada na silagem de cana-de-açúcar como a fermentação alcoólica está em perdas de nutrientes significativas pode afetar o desempenho animal.

Define-se silagem como sendo o produto resultante da fermentação da planta forrageira, na ausência de ar, finamente picada e acondicionada rapidamente em estrutura de armazenagem. Durante a fermentação, ocorrem transformações químicas, com alguma perda de nutrientes. Essas perdas podem ser divididas em duas classes: a) perdas evitáveis, representadas pela ocorrência de mofos e podridões decorrentes de práticas incorretas de ensilagem; b) perdas não evitáveis, que incluem mudanças bioquímicas, respiração das plantas e fermentação (Torres, 1984).

Coan et al. (2002), avaliaram a composição química de cana-de-açúcar madura (12 meses de rebrota) ensilada em silos de PVC, durante 55 dias. Os autores relataram diminuição no teor de MS e aumento nos constituintes da parede celular com maiores concentrações de FDN, FDA e lignina e aumento no teor de PB da silagem em relação à cana fresca. O padrão de fermentação de silagens de cana-de-açúcar ensilada após 12 meses de crescimento (primeiro corte) em silos de PVC foi estudado por Molina et al. (2002), por meio da amostragem das silagens com 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 dias de conservação.

Segundo Pedroso (2003), a ensilagem da cana-de-açúcar foi caracterizada pela intensa fermentação alcoólica, o que resultou em perdas excessivas de MS e CHOs, principalmente na forma de gases, causando acúmulo dos componentes da parede celular e perda de 25% na DIVMS da forragem.

MARTINA et al. (2005) avaliaram as perdas, os parâmetros fermentativos, a composição química e as frações de carboidratos de silagens

de cana com ureia e óxido de cálcio (CaO). Os tratamentos foram: T1- silagem de cana-de-açúcar sem aditivo (controle), T2- silagem de cana-de-açúcar com 1% de uréia, T3-silagem de cana-de-açúcar com 0,5% de ureia + 0,5% de CaO e T4- silagem de cana com 1% de CaO. Adicionaram-se aditivos químicos (ureia e CaO) na cana-de-açúcar no momento da ensilagem, com base na matéria natural. O material foi embalado em mini-silos de tubos de cloreto de polivinilo (PVC), com 40 cm de altura e 100 mm de diâmetro e comprimidos com auxílio de soquete, buscando atingir densidades próximas a 700 kg m⁻³. Após a compactação adequada, os silos foram selados, pesados e armazenados em uma área coberta, à temperatura ambiente, até o momento da abertura que ocorreu cinco meses após a ensilagem. A composição química da silagem foi melhor quando utilizou-se o CaO. O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi maior ($P < 0,05$) em silagem com 0,5% de ureia + 0,5% de CaO e o fracionamento de carboidratos foi o melhor para silagem com CaO. Portanto, a adição de CaO na silagem proporcionou melhora no valor nutricional e maior recuperação de silagem de matéria seca devido à menor produção de efluentes e gases.

OLIVEIRA et al. (2007) determinaram a digestibilidade ruminal in vitro da matéria seca (DIVMS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN), da fibra em detergente ácido (DIVFDA) e da lignina (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. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2 x 2 com três repetições. Não houve influência dos níveis de cal na DIVFDA e

da DIVL da cana-de-açúcar. As DIVMS, DIVFDA e da DIVL foram aumentadas em função dos níveis crescentes de cal, todavia, as médias de digestibilidade nos níveis de 0,5% e 1,0% assemelharam-se estatisticamente ($P>0,05$). 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($P<0,01$) 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.

Conforme SILVA (2016), a produção de cana-de-açúcar é, em sua grande maioria, utilizada na indústria sucroalcooleira, enquanto na alimentação animal é utilizado aproximadamente 10%. O colmo é a parte da planta de maior interesse, pois nele se encontra maior concentração dos carboidratos solúveis (Figura 3). Eles representam aproximadamente 80% da parte aérea da planta, sendo almejado tanto pela indústria quanto para a nutrição animal.

As folhas da cana-de-açúcar apresentam maior FDN de baixa qualidade e baixos níveis de carboidratos solúveis. Nesse sentido, na produção de açúcar e álcool, a principal característica avaliada para estimar a qualidade da cana-de-açúcar é o grau Brix, que é a concentração dos carboidratos solúveis presentes no colmo. Quanto à planta utilizada para alimentação animal, leva-se em consideração a produção de matéria verde total, a qualidade da fração fibrosa e a concentração dos carboidratos solúveis (Figura 4). A cana-de-açúcar apresenta um potencial forrageiro, pois possibilita sua utilização após

considerável período de tempo depois de sua maturação, além de elevada produtividade em função da área e baixa necessidade de adubação e irrigação, o que garante baixos custos de produção.

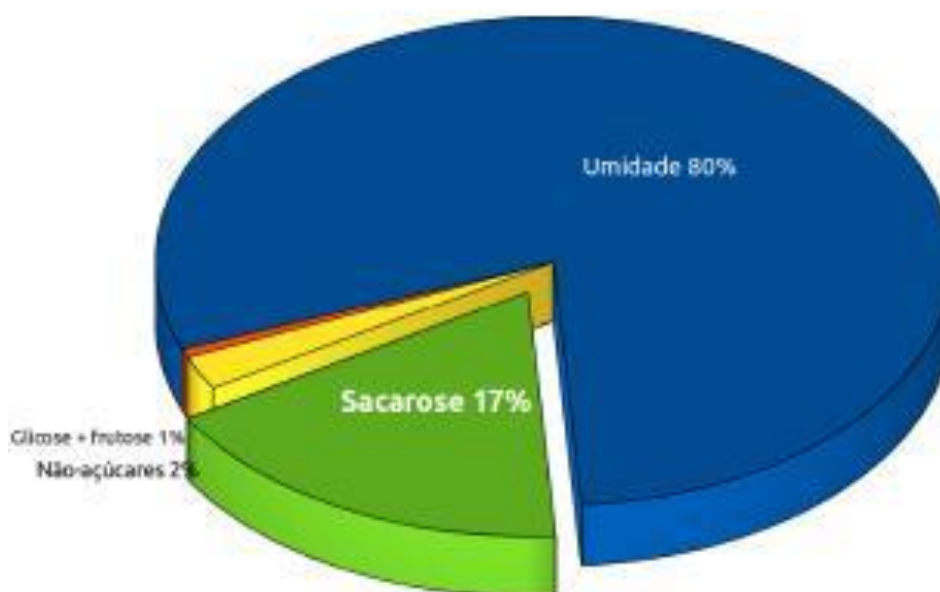


Figura 4. Composição tecnológica do colmo da cana-de-açúcar, variedade RB 72454. Fonte: Fernandes (2011).

3.6 Conceito de cana-de-açúcar hidrolisada

De acordo com Macedo (2007) o termo hidrólise, em forragens, refere-se à quebra da estrutura da fibra, o que sugere a solubilização de componentes que, por consequência, aumenta a digestibilidade do alimento como um todo, aumenta o consumo e melhora o desempenho animal.

Este produto é obtido após a cana-de-açúcar ser colhida e desintegrada. Em seguida é adicionada solução de água com base química (hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, amônia, óxido de cálcio, hidróxido de cálcio),

revolvendo o composto para sua homogeneização (Hidrocana, 2006). O produto só deverá ser usado após 6 a 8 horas, para estabilização da reação (Oliveira, 2010), período este necessário no caso de fornecimento para animais, para que haja consumo regular.

O teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico com NaOH (hidróxido de sódio), mas a ação desse tratamento induz aumento da taxa de digestão da fibra, devido às quebras das ligações entre as frações celulose e hemicelulose (Klopfenstein, 1980).

O tratamento da cana-de-açúcar com a cal virgem (CaO) ou hidratada (Ca(OH)_2) micropulverizadas, atuando como agentes alcalinizantes torna-se uma alternativa interessante para o pequeno, médio ou grande produtor, já que é um processo de simples execução, barato e seguro (DOMINGUES et al., 2006).

Segundo Oliveira (2006) a cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem ou hidratada com alta concentração de óxido ou hidróxido de cálcio, possui vida útil maior que a cana in natura, pois o tratamento retarda o processo de fermentação da forragem e com isso reduz gastos operacionais, além de reduzir riscos pela exposição de material de baixa qualidade aos animais. A técnica da hidrólise é simples e pode ser adotada tanto por pequenos, médios ou grandes produtores de leite. A cana hidrolisada com cal pode ser fornecida para vacas leiteiras até 3 dias de armazenamento Oliveira (2010). Este fato está diretamente relacionado com a logística de utilização e conseqüentemente com o custo do quilograma de leite produzido.

BORBA (2012) avaliou as formas de aplicação em pó ou suspensão da cal virgem sobre a cana-de-açúcar picada a 4 ou 10 mm nos tempos de ação 0, 3 e 6 horas. A ação da cal virgem na cana-de-açúcar foi capaz de reduzir os teores de FDN, além de aumentar os teores de matéria mineral. O tamanho de partícula alterou somente o teor de FDN da cana-de-açúcar hidrolisada, sendo que o tamanho 4 mm se mostrou mais eficiente neste caso.

3.6.1 Agentes alcalinizantes

Os agentes alcalinizantes como o hidróxido de sódio (NaOH); amônia anidra (NH₃); e mais recentemente o hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) e óxido de cálcio (CaO), são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade das palhas e/ou resíduos agrícolas como por exemplo o bagaço de cana-de-açúcar (Andrade et al., 2001; Oliveira et al., 2002). Esses agentes atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovem o fenômeno conhecido como “entumescimento 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), conferem a cristalinidade da celulose, aumentando a digestão desta e da hemicelulose. De acordo com Klopfenstein (1980) o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação deste, leva ao aumento da taxa de digestão da fibra.

OLIVEIRA et al. (2002) avaliaram o efeito de diferentes níveis de NaOH sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Utilizou-se cana-soca (2^o. Corte), submetida a

picagem e a hidrólise (fermentação durante 24 horas) com os níveis zero; 1,0; 1,5 e 2,0% de NaOH. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e dez repetições. A DIVMS foi obtida por meio do fermentador ruminal ANKOM®. Houve diferença significativa entre os coeficientes de DIVMS da cana-de-açúcar, sendo obtidas as médias de 60,03; 60,63; 64,31 e 63,07%, respectivamente, nos níveis de zero; 1,0; 1,5 e 2,0% de NaOH ($P < 0,01$). Observou-se aumento na DIVMS ($P < 0,01$) quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com os níveis de 1,5 e 2,0% de NaOH, respectivamente, de 6,07 e 4,02% em relação ao nível zero de NaOH ($P < 0,01$).

OLIVEIRA (2005) destacou a importância (técnica da hidrólise da cana-de-açúcar com cal) do uso da cal virgem (óxido de cálcio) como agente hidrolisante da cana-de-açúcar para fins da alimentação de bovinos, principalmente de vacas leiteiras.

Ezequiel et al. (2005) observaram aumento de 122,40; 88,15 e 71,80% na digestibilidade da FDN para a cana-de-açúcar hidrolisada, cana-de-açúcar hidrolisada e fenada, cana-de-açúcar hidrolisada e ensilada respectivamente em relação à cana-de-açúcar in natura. Os autores concluíram que o tratamento alcalino com NaOH melhorou a digestão da fibra da cana-de-açúcar, proporcionando maior consumo de matéria seca.

OLIVEIRA et al. (2008a) determinaram o pH, a temperatura, a composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar variedade IAC 862480, submetida à hidrólise, durante três, seis e nove horas, com zero; 0,5 e 0,6% de cal hidratada. Não houve influência

dos níveis da cal nos teores de matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose ($P>0,05$) da cana-de-açúcar. Porém, o teor matéria mineral aumentou ($P<0,01$) conforme os níveis crescentes de cal. Após seis horas de hidrólise não houve influência na DIVMS; DIVFDN e DIVFDA ($P>0,05$). Recomenda-se a realização de novos estudos com níveis maiores da cal hidratada a fim de obter alterações na fração fibrosa da cana-de-açúcar.

Dojas (2009) destacou que a deterioração, que a cana-de-açúcar sofre especialmente após o corte, aumenta a perda de açúcar, formas essas que são a tecnológica, fisiológica e microbiológica, sendo esta última decorrente da atividade microbiana inoculada após a queima ou corte. A qualidade da matéria-prima está diretamente ligada ao desempenho dos processos industriais, fundamentais na obtenção de rendimentos satisfatórios e qualidade do produto final.

OLIVEIRA et al. (2010) estudaram o efeito do tratamento alcalino da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada sobre a composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×3 , composto de três formas de processamento da cana (*in natura*; cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem; e cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada) e três tempos de armazenamento (12, 36 e 60 horas). As formas de processamento influenciaram os teores de matéria orgânica, matéria mineral, carboidratos totais e hemicelulose, assim como os teores de fibra em detergente neutro e

nutrientes digestíveis totais. Os tempos de armazenamento influenciaram os teores de proteína bruta, matéria orgânica, carboidratos totais e hemicelulose. Entre os minerais, somente o teor de cálcio teve aumento com a inclusão de ambos os tipos de cal em relação à cana-de-açúcar, que não sofreu o processo de hidrólise. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro aumentaram com a hidrólise da cana em comparação à cana *in natura*. A hidrólise com cal hidratada ou com cal virgem mantém o valor nutricional da cana-de-açúcar, permitindo que possa ser utilizada depois de até 60 horas de armazenamento.

Domingues et al. (2011a) avaliaram o efeito da adição de cal virgem e dos tempos após a aplicação sobre a estabilidade aeróbia e o crescimento de microrganismos (leveduras e fungos) na cana-de-açúcar *in natura*. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Avaliaram-se a estabilidade aeróbia (temperatura), a dinâmica de desenvolvimento de leveduras e fungos e o pH, em um esquema de parcelas subdivididas, com cinco doses de cal (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0%) e cinco tempos após aplicação (0, 24, 48, 72, 96 horas). Houve efeito significativo das doses de cal para todos os parâmetros avaliados. A cana que não foi tratada com cal (0%) apresentou quebra da estabilidade no menor intervalo de tempo. Os valores de pH aumentaram gradativamente de acordo com a dose de cal aplicada e diminuíram com o tempo após aplicação. Houve aumento numérico na contagem de leveduras até as 72 horas após a aplicação da cal, independentemente da dose, e os valores tenderam a estabilizar no tempo de 96 horas pós-tratamento. Não houve significativo das doses de cal sobre o

desenvolvimento dos fungos. A aplicação de cal virgem é eficaz no controle do crescimento de leveduras e aumenta a estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar *in natura*.

DOMINGUES et al. (2011b) avaliaram o efeito da adição de cal virgem e dos tempos após a aplicação sobre a estabilidade aeróbia e o crescimento de microrganismos (leveduras e fungos) na cana-de-açúcar *in natura*. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Avaliaram-se a estabilidade aeróbia (temperatura), a dinâmica de desenvolvimento de leveduras e fungos e o pH, em um esquema de parcelas subdivididas, com cinco doses de cal (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0%) e cinco tempos após aplicação (0, 24, 48, 72, 96 horas). Houve efeito significativo das doses de cal para todos os parâmetros avaliados. A cana que não foi tratada com cal (0%) apresentou quebra da estabilidade no menor intervalo de tempo. Os valores de pH aumentaram gradativamente de acordo com a dose de cal aplicada e diminuíram com o tempo após aplicação. Houve aumento numérico na contagem de leveduras até as 72 horas após a aplicação da cal, independentemente da dose, e os valores tenderam a estabilizar no tempo de 96 horas pós-tratamento. Não houve efeito significativo das doses de cal sobre o desenvolvimento dos fungos. A aplicação de cal virgem é eficaz no controle do crescimento de leveduras e aumenta a estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar *in natura*.

Murta et al. (2011) estudados os efeitos da adição de 0,0; 0,75; 1,5 e 2,25% de óxido de cálcio no bagaço de cana-de-açúcar (com base na matéria natural) com o objetivo de avaliar o desempenho, o consumo de nutrientes e a

digestibilidade aparente das dietas e dos nutrientes em ovinos mestiços da raça Santa Inês e raças nativas. O uso do óxido de cálcio não influenciou os consumos de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e nutrientes digestíveis totais, mas houve efeito linear sobre ganho de peso, com o aumento nas doses de óxido de cálcio, mas não sobre a conversão alimentar e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente ácido. Entretanto, foi observado efeito quadrático para o coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente. A utilização do bagaço de cana hidrolisado com óxido de cálcio em níveis a partir de 1,5% da matéria natural promove melhoras no desempenho de ovinos e aumenta a digestibilidade apenas da fibra em detergente neutro.

O uso do óxido de cálcio ou cal virgem, na hidrólise de forragens tem por base a formação de hidróxido de cálcio, um agente alcalino com moderado poder de hidrólise da fibra (Berger et al., 1994).

Diversos aditivos têm sido avaliados para controle da fermentação alcoólica e da estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar, tais como, inoculantes com bactérias homoláticas, como *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus* e inoculantes com bactérias produtoras de ácido propiônico. Por outro lado, são poucas as pesquisas com a hidrólise com cal virgem ou hidratada como aditivo a fim de proporcionar alteração na fermentação alcoólica em silagens de cana-de-açúcar. Ressalta-se que, durante o processo de ensilagem da cana-de-açúcar, ocorrem reações de reversão da sacarose e aumento na população de leveduras que acarretam a

uma consequente perda do valor alimentício e capacidade de estocagem do material no canavial, aliado a esse fato, a presença de O₂, pela entrada de ar durante o período de estocagem, principalmente na abertura do silo, favorece o desenvolvimento de microrganismos aeróbios indesejáveis e/ou patogênicos tais como as leveduras, fungos filamentosos, *Bacillus*, *Listeria monocytogenes* e enterobactérias (PEDROSO et al., 2007). Diversos trabalhos de pesquisa têm mostrado que a aplicação de cal tem consistentemente reduzido as perdas de MS e a produção de etanol, com redução no teor de fibra em detergente neutro, melhoria na digestibilidade e estabilidade aeróbia das silagens (AMARAL et al., 2009).

3.6.2 Fator *pH*

Este fator de acréscimo do pH é preponderante para que as fibras da cana-de-açúcar sejam solubilizadas, promovendo alterações nos demais nutrientes (Oliveira et al. (2008). Tal aspecto é interessante, pois por um lado houve apenas tendência em reduzir os teores dos nutrientes, principalmente da fração fibrosa; o fato de o pH manter-se estável ao longo das nove horas de hidrólise é positivo, pois está relacionado com a preservação da cana à ação de microrganismos dentre outros aspectos, que poderiam prejudicar a qualidade da mesma (DOMINGUES et al., 2006).

Trabalhando com hidrólise de cana-de-açúcar por meio da utilização de cal hidratada, Oliveira et al. (2008) observaram decréscimo de 0,77 e 0,52 unidades nos valores de pH quando a cana-de-açúcar foi tratada a 0,5 e 0,6% respectivamente, em comparação ao tratamento que permaneceu *in natura*.

Esta dinâmica nos valores de pH, foram encontrados no trabalho de Rabelo et al. (2010), onde desdobrando-se a interação dose dentro de tempo ($P < 0,01$), verificou-se decréscimo nos valores de pH em todas as massas de cana-de-açúcar, sendo estas de efeito linear (tratamento *in natura* e hidrolisado a 2,0%) e quadrático (hidrolise a 0,5 e 1,0%). A cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada a 2,0% apresentaram queda de 0,03 e 0,08 unidades por hora de repouso. Já as massas tratadas com 0,5 e 1,0% de cal tiveram tendência de estabilização nos valores a partir de 24 horas (Figura 5).

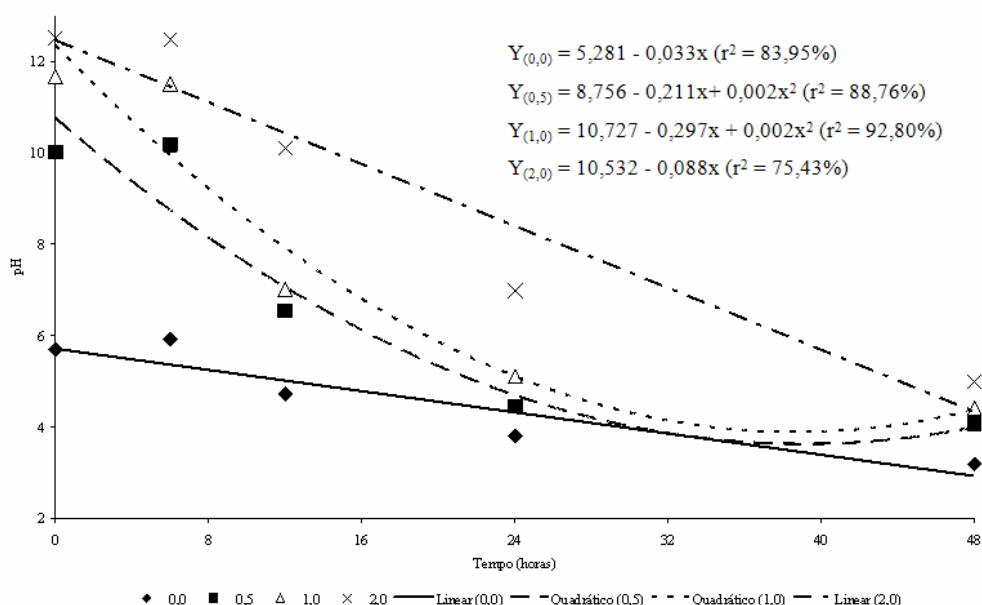


Figura 5. Desdobramento da interação entre tempo de repouso e doses de cal para valores de pH da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada. Fonte: Rabelo (2010)

Este aspecto é interessante, pois por um lado houve apenas tendência em reduzir os teores dos nutrientes, principalmente da fração fibrosa; o fato de o pH manter-se estável ao longo das nove horas de hidrólise é positivo, pois está relacionado com a preservação da cana à ação de microrganismos dentre

outros aspectos, que poderiam prejudicar a qualidade da mesma (DOMINGUES et al., 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Campus de Jaboticabal – SP (FCAV), sendo as coordenadas geográficas de 21°16' de latitude sul e 48° 19' de longitude oeste.

4.2 Tratamentos

Utilizou-se a cal hidratada (hidróxido de cálcio). Na Tabela 6 encontra-se a composição química da cal, conforme análise parcial fornecida pelo fabricante.

Tabela 6. Composição química* da cal hidratada

Características	Limites (%)
Óxido de cálcio total (CaO)	Mínimo 72,00
Óxido de magnésio total (MgO)	Máximo 1,50
Óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	0,2
Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	0,15
Hidróxido de cálcio [Ca(OH) ₂]	Mínimo 95,00
Umidade	Máximo 1,00
Insolúveis em HCl	Máximo 1,50

Fonte: Autoria própria 2025

No caso da especificação física, a cal hidratada apresenta retenção em 200 Mesh de máximo de 5%.

Foram estudados tratamentos (tempos dos toletes de cana-de-açúcar submetidos ou não à calda de cal hidratada) identificados conforme a Tabela 7.

Tabela 7. Descrição dos tratamentos aplicados aos toletes de cana-de-açúcar.

Tratamento	Comprimento do Tolete	Uso da Calda de Cal Hidratada	Tempo de Imersão (horas)	Concentração da Calda
T1	20 cm	Sim	0	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T2	20 cm	Sim	6	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T3	20 cm	Sim	24	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T4	20 cm	Sim	48	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T5	20 cm	Sim	72	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T6	30 cm	Sim	0	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T7	30 cm	Sim	6	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T8	30 cm	Sim	24	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T9	30 cm	Sim	48	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T10	30 cm	Sim	72	0,5 kg/2 L água/100 kg de tolete
T11	20 cm	Não	0	—
T12	20 cm	Não	6	—
T13	20 cm	Não	24	—
T14	20 cm	Não	48	—
T15	20 cm	Não	72	—
T16	30 cm	Não	0	—
T17	30 cm	Não	6	—
T18	30 cm	Não	24	—
T19	30 cm	Não	48	—
T20	30 cm	Não	72	—

Fonte: Autoria própria (2025).

Foram obtidos toletes de 20 e 30 cm de comprimento da cana-de-açúcar, sendo submetidos ou não à calda de cal hidratada, durante zero; 6; 24; 48 e 72 horas. Os toletes de cana-de-açúcar permaneceram submetidos à calda de cal hidratada (0,5 kg/2,0 litros de água/100 kg de tolete, com base na matéria natural).

Foram obtidas amostras, as quais foram analisadas conforme metodologia da SOCICANA (Associação dos fornecedores de cana de Guariba-SP). Foram obtidos valores de pH, AR e ATR dos toletes de cana submetidos aos diferentes tratamentos.

4.3 Delineamento experimental

Foram utilizados 100 colmos de cana-de-açúcar maturada da variedade RB 855536, cujos toletes foram obtidos por meio de corte com 20 e 30 cm de comprimento (Figura 6). Preparou-se a mistura da cal hidratada (hidróxido de cálcio), com água na proporção de 0,5 kg/2,0 litros de água/100 kg de tolete, com base na matéria natural.



Figura 6. Detalhes dos toletes de cana-de-açúcar. Fonte: Autoria própria 2025.

Os toletes foram mantidos com a calda de cal hidratada de acordo com o tratamento, ou seja, tempo de permanência em contato com a calda (zero; 6; 24; 48 e 72 horas). No caso dos toletes sem a calda da cal, os mesmos foram mantidos na forma natural.

Foram utilizados 20 toletes por tratamento em que houve a imersão dos mesmos na calda de cal hidratada. Toda vez que aplicava-se a calda de cal, a mesma era agitada a fim de obter homogeneidade adequada da mistura.

A medida que o tempo de permanência dos toletes com a calda de cal ou sem a calda, era atingido retirava-se amostras para análises, conforme metodologia da SOCICANA (Associação dos fornecedores de cana de Guariba-SP). Foram obtidos valores de pH, Açúcares Redutores (AR) e de Açúcares redutores Totais (ATR) dos toletes de cana submetidos aos diferentes tratamentos.

4.4 Delineamento estatístico

Foi utilizado o delineamento estatístico. As médias serão analisadas pelo programa GLM (SAS, 2001).

Na Tabela 8 é apresentado o esquema da análise da variância.

Tabela 8. Esquema da análise da variância

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Tratamentos principais	3
Resíduo (a)	12
Parcelas	19
Subparcelas	4
Tratamentos x F	12
Resíduo (b)	64
Total	99

Fonte: Autoria própria (2025).

Os tratamentos foram constituídos de toletes de cana-de-açúcar cortados com 20 cm tratados ou não com a cal hidratada e toletes de 30 cm tratados ou não com a cal.

As médias dos tratamentos foram comparadas por meio do Teste de Tukey aos níveis de 5 % de probabilidade (Banzatto e Kronka, 1995).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 9 mostra os resultados dos valores médios de pH dos toletes de cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos.

Tabela 9. Valores médios de pH dos toletes de cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos.

Tratamentos Primários	T1	T2	T3	T4	T5	Médias
20 cm com cal	7,04aB	7,80aA	6,30abC	6,44abBC	6,50aBC	6,816a
30 cm com cal	7,52Aa	6,82bAB	6,44aB	6,88aAB	6,28abB	6,788a
20 cm sem cal	6,34bA	6,24bcA	5,74bcA	5,86bcA	5,72bA	5,980b
30 cm sem cal	6,22bA	6,16cAB	5,50cB	5,56cAB	5,92abAB	5,872b
Médias	6,780A	6,755A	5,995B	6,185B	6,105B	

Letras iguais indicam que, no nível de 5%, não há diferença significativa entre as respectivas médias.

Letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal.

Fonte: Autoria própria 2025.

Os resultados obtidos para o pH dos toletes de cana-de-açúcar indicaram diferenças expressivas entre os tratamentos. De maneira geral, os toletes submetidos à calda de cal hidratada apresentaram valores de pH superiores aos dos toletes não tratados. Este comportamento era esperado, já que a cal hidratada é um agente alcalinizante, capaz de elevar o pH da massa vegetal. Manter o pH em níveis mais elevados é fundamental para retardar processos fermentativos indesejáveis e reduzir a atividade microbiana prejudicial, o que prolonga a estabilidade do alimento. Vale ressaltar que os toletes de 20 e 30 cm tratados apresentaram pH médio acima de 6,7, enquanto os toletes não tratados permaneceram abaixo de 6,0 em média, reforçando a eficácia da calda na conservação da cana.

Tabela 10. Médias de AR (Açúcares Redutores) dos toletes de cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos.

Tratamentos Primários	T1	T2	T3	T4	T5	Médias
20 cm com cal	0,47492aA	0,48416aA	0,58564aA	0,50932aA	0,58706aA	0,52822a
30 cm com cal	0,47594aA	0,47234aA	0,52538aA	0,49072aA	0,57938aA	0,508752a
20 cm sem cal	0,47432aA	0,47372aA	0,50370aA	0,50262aA	0,56626aA	0,504124a
30 cm sem cal	0,45128aB	0,47066aAB	0,67136aA	0,49104aAB	0,52674aAB	0,522216a
Médias	0,469115A	0,47522A	0,57152A	0,498425A	0,56486A	

Letras iguais indicam que, no nível de 5%, não há diferença significativa entre as respectivas médias.

Letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal.

Fonte: Autoria própria 2025.

Em relação aos açúcares redutores (AR), observou-se que os tratamentos, tanto com quanto sem calda, não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si. De forma interessante, os valores de AR se mantiveram relativamente estáveis ao longo dos diferentes tempos de exposição. Este resultado sugere que, embora o pH tenha sido alterado com a aplicação da calda, o processo de degradação dos açúcares redutores não foi exacerbado durante o período estudado. A manutenção dos níveis de AR é relevante, pois açúcares redutores excessivos podem indicar deterioração da matéria-prima e perda da qualidade energética da cana.

Tabela 11. Médias de ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) dos toletes de cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos.

Tratamentos Primários	T1	T2	T3	T4	T5	Médias
20 cm com cal	186,152a A	184,046a A	174,700a A	177,804a A	174,342a A	179,4088 a
30 cm com cal	187,340a A	189,900a A	178,956a A	179,908a A	175,364a A	182,2936 a
20 cm sem cal	186,918a A	185,012a A	181,318a A	181,462a A	182,994a A	183,3608 a
30 cm sem cal	193,230a A	195,198a A	174,488a B	176,844a B	175,788a B	183,1096 a
Médias	188,185A	188,539A	177,3655 B	179,0045 B	177,122B	

Letras iguais indicam que, no nível de 5%, não há diferença significativa entre as respectivas médias.

Letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal.

Fonte: Autoria Própria 2025

A seguir são apresentados os resultados referentes às três variáveis analisadas neste trabalho pH, açúcares redutores (AR) e açúcares totais recuperáveis (ATR) com base nos diferentes tratamentos aplicados aos toletes de cana-de-açúcar (com e sem calda de cal hidratada, em diferentes tempos de exposição). A análise estatística foi empregada para verificar a significância dos dados, e os resultados são discutidos com apoio na literatura científica, visando avaliar o efeito da cal sobre a qualidade da cana-de-açúcar sob o ponto de vista de conservação e valor nutricional.

5.1 pH

Os valores de pH, conforme apresentados na Tabela 9, mostraram-se significativamente mais elevados nos toletes tratados com calda de cal hidratada. A análise estatística confirmou efeito significativo ($p < 0,05$) do fator “tratamento” e também do tempo de exposição, evidenciando que a cal

contribuiu para a manutenção de um pH mais estável e alcalino ao longo do tempo.

Esse comportamento é coerente com os resultados obtidos por Andrade et al. (2008), que observaram uma queda acentuada do pH em toletes armazenados à temperatura ambiente sem tratamento, indicando deterioração microbiológica acelerada. A elevação do pH promovida pela cal é um fator essencial para inibir o desenvolvimento de microrganismos, principalmente leveduras e bactérias acidogênicas, conforme já destacado por Silva et al. (2006), que atribuíram à cal a capacidade de estabilizar o ambiente fermentativo da cana.

Além disso, estudos como o de Domingues et al. (2006) reforçam que o tratamento com cal virgem ou hidratada aumenta significativamente a estabilidade aeróbia da cana, retardando a fermentação espontânea e promovendo maior conservação. Logo, os resultados deste trabalho confirmam que a alcalinização por calda de cal hidratada atua como importante fator de preservação da qualidade dos toletes de cana-de-açúcar.

5.2 Açúcares Redutores (AR)

A Tabela 10 apresenta os dados de AR nos diferentes tratamentos. Não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, o que indica que a aplicação da calda de cal hidratada não interferiu diretamente nos teores de glicose e frutose ao longo do período avaliado.

Essa estabilidade nos teores de AR é um indicativo positivo, pois não houve aceleração do processo fermentativo. Andrade et al. (2008) relataram

que o aumento nos teores de açúcares redutores está relacionado à quebra da sacarose por ação enzimática e microbiológica, sobretudo em condições de pH ácido. Assim, manter baixos os níveis de AR significa preservar a integridade da sacarose e evitar fermentações secundárias.

Tal constatação está em consonância com os achados de Teixeira Júnior (2008), que relatou que a cal hidratada, por elevar o pH e reduzir a atividade enzimática e microbiológica, contribui para manter o equilíbrio nos teores de AR durante o armazenamento da cana destinada à alimentação de vacas leiteiras.

5.3 Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)

A Tabela 11 evidencia que os valores de ATR apresentaram declínio mais acentuado nos toletes não tratados, especialmente a partir de 24 horas de exposição, enquanto os toletes tratados com calda de cal hidratada mantiveram melhores níveis de ATR ao longo do tempo. Os testes estatísticos apontaram diferença significativa entre os tratamentos e os tempos, confirmando a eficácia do uso da cal na preservação da sacarose.

Esses dados corroboram com os achados de Mota et al. (2010), que observaram que o tratamento alcalino da cana com cal hidratada promove aumento na estabilidade da matéria orgânica e redução das perdas por fermentação. Isso ocorre porque a cal, ao elevar o pH, reduz a atividade microbiana e enzimática responsável pela quebra da sacarose em açúcares simples.

Além disso, Teixeira Júnior (2008) destacou que vacas alimentadas com cana hidrolisada com cal hidratada apresentaram produção de leite semelhante àquelas alimentadas com silagem de milho, evidenciando que a preservação dos açúcares totais na cana tratada resulta em fornecimento adequado de energia aos animais.

Portanto, a preservação dos ATR reforça a calda de cal hidratada como uma tecnologia eficaz para melhorar a conservação da cana-de-açúcar destinada à alimentação animal, especialmente em períodos críticos como a entressafra.

De forma geral, os três parâmetros avaliados mostraram que o tratamento com calda de cal hidratada apresenta vantagens significativas na conservação da qualidade da cana-de-açúcar. As evidências estatísticas apontam sua eficácia principalmente na elevação e manutenção do pH e na preservação dos ATR, sem prejuízo aos níveis de AR. Esses efeitos são altamente relevantes para a utilização da cana como volumoso na alimentação de bovinos, agregando valor ao manejo alimentar e à viabilidade econômica do sistema produtivo.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu evidenciar que o uso da calda com cal hidratada exerce uma influência positiva sobre a qualidade dos toletes de cana-de-açúcar, preservando atributos fundamentais como o pH e os níveis de açúcares totais recuperáveis (ATR), sem promover alterações significativas nos açúcares redutores (AR). A alcalinização proporcionada pela cal hidratada se mostrou eficiente em criar um ambiente menos propício à deterioração microbiológica, retardando o processo de degradação da sacarose e contribuindo para a estabilidade dos compostos mais importantes para a nutrição animal.

A análise dos resultados demonstrou que os toletes tratados com calda apresentaram maior estabilidade no pH ao longo do tempo e melhor preservação do valor nutritivo, em comparação aos toletes não tratados. Esse efeito é extremamente relevante para a conservação de volumosos em sistemas de produção leiteira, especialmente em períodos de escassez de forragem, nos quais a manutenção da qualidade alimentar é decisiva para o desempenho dos rebanhos.

Além da eficácia técnica comprovada, destaca-se também a viabilidade prática da tecnologia. O método de preparo e aplicação da calda é simples, utiliza insumos de baixo custo e é de fácil implementação, sendo acessível a propriedades de diferentes portes. Isso confere à técnica um importante caráter de democratização do acesso a estratégias de conservação de alimentos, beneficiando especialmente pequenos e médios produtores que buscam

alternativas sustentáveis e economicamente viáveis para melhorar a eficiência produtiva.

Dessa forma, conclui-se que a aplicação da calda com cal hidratada sobre toletes de cana-de-açúcar é uma prática eficiente, prática e segura, que pode ser incorporada com facilidade ao manejo nutricional de bovinos. Além de promover ganhos na estabilidade e qualidade do alimento, a técnica contribui para reduzir perdas e otimizar recursos na produção animal, alinhando-se às demandas contemporâneas por sistemas agropecuários mais sustentáveis e tecnicamente embasados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.L.G. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.38, n.8, p. 1413-1421, 2009.

AMARAL NETO, J.; OLIVEIRA, M. D. S.; LANÇANOVA, J. A. C.; BETTI, V.; VIEIRA, P. F. Composição químicobromatológica da silagem de cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia/ Gnosis, [1998]. CD-ROM.

AMARAL, R.C.; PIRES ,A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.Q.;JUNIOR. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1413-1421, 2009

ANDRADE, J. B.; FERRARI Jr., E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 36, p. 1265-1268, 2001.

ANDRADE, S. R. R. de; PORTO, E.; SPOTO, M. H. F. *Avaliação da qualidade do caldo extraído de toletes de cana-de-açúcar minimamente processada armazenados sob diferentes temperaturas*. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 28, supl., p. 51-55, 2008.

ANUAL DA SBZ, 30, 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.479.

ÁVILA, S. C.; RODRIGUEZ, N. M.; APARECIDA, J. F. Bagaço de cana tratado com hidróxido de sódio, para ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990. p.97.

BALIEIRO NETO, G., SIQUEIRA, G. R., REIS,R. A., NOGUEIRA, J. R., ROTH, M. T. P., e ROTH, A. P. T. P. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1231- 1239, 2007.

BERGER, L. L.; FAHEY JUNIOR, G. C.; BOURQUIM, L. O. et al. Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY JUNIOR, G. C et al. **Forage quality, evaluation and utilization**. American Society of Agronomy, 1994, p. 922-966.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.269-275, 2007.

BODERICK, R. **Controle de qualidade de Qualical**. Santo André, SP.; Qualical, 1p, 2006.

CARDOSO, R.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. da. et al. Consumo e digestibilidade aparentes totais e parciais de rações contendo diferentes níveis de concentrado, em novilhos F1 Limousin x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29,n.3, p.830-833, 2000.

CASTRILLÓN, M. V.; SHIMADA, A. S.; CALDERON, F. M. Manipulacion de la fermentacion em ensilajes de caña de azucar y su valor alimenticio para borregos. **Técnica Pecuária en México**, v.35, p.48-55, 1978.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-açúcar Safra 2008 – terceiro levantamento**, dezembro 2008. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2008. 16 p.

DOJAS, F.; BATISTA, V.L.; MARQUES, M.O. A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de açúcar. **Nucleus**, Edição Especial, 2009. 8p

DOMINGUES, F. N. et al. *Estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar tratada com cal virgem*. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2006.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P. T.P.; SANTOS, J.; MOTA, D.A. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. **R. Bras. Zootec.**, v.4, n.7, p.715-719, 2011

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P. T.P.; SANTOS, J.; MOTA, D.A. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.4, n.7, p.715-719, 2011.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P. T.P.; SANTOS, J.; MOTA, D.A. Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.4, n.7, p.715-719, 2011

DPA LEITE. **Ensilagem de cana-de-açúcar: opção ou necessidade?** Revista DPA LEITE, ano 12, n. 122, p.8-11, 2012.

EUSTÁQUIO FILHO, A. **Tratamentos e Utilização do Bagaço e da Cana-de-Açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) na Alimentação de Ruminantes**. Janaúba, MG, 2006.

EVANGELISTA, A.R.; SIQUEIRA, G.R.; LIMA, J.A. et al. Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar com e sem inclusão de milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.20-26, 2009.

EZEQUIEL, J. M. B.; QUEIROZ, M. A. Á.; GALATI, R. L. et al. Processamento da Cana-de-Açúcar: Efeitos sobre a Digestibilidade, o Consumo e a Taxa de Passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p. 1704-1710, 2005.

FERREIRA, H. F.; VON TIESENHAUSEN, I. M. E. V.; PAIVA, P. C. A. et al. Avaliação de alimentos, digestibilidade do bagaço de cana tratado com diferentes níveis de hidróxido de sódio para ruminantes – ovinos. In: REUNIÃO

FLORINDO AGRO Cana-de-açúcar – principais variedades, qualidade e rendimento. Disponível em <https://florindoagro.com.br/> Acesso em 13/08/2024.

FREITAS, A. W. P.; ROCHA, F. C.; ZONTA, A.; FAGUNDES, J. L.; LOPES, J.; MACEDO, F. L.; GARCIA, F. Consumo e desempenho de bovinos recebendo dietas a base de cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada. In: 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Lavras, MG. 2008. **Anais... 45ª SBZ**, CD ROM, 2008. HERNANDES, M. R. **Avaliação de variedades de cana-de-açúcar através de estudos de desempenho e digestibilidade aparente com bovinos**. Jaboticabal, 1998, 78 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

HIDROCANA. **Hidrólise em Cana-de-açúcar**: Uma Ótima Opção na Alimentação de Bovinos com baixo custo. Londrina, PR. Disponível em (<http://www.hidrocana.com.br/canahidrolizada.htm>) Acesso em 08 de fev. 2025.

ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F. Aspectos relacionados a produção de Leite. In: SILVA, M.J. **Métodos e Culturas Alternativas na Agricultura Familiar**. UCDB, 2 ed. rev. p.185-214. 2004.

JACKSON, M. G. **Review article: the alkali treatment of straws**. *Animal Feed Science and Technology*, v. 2, n. 2, p. 105- 130, 1977.

KLOPFENSTEIN, T. **Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatment**. In: HUBER, J.T. (Ed.). *Upgrading residues and byproducts for animals*. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.40-60.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; ROSSETO, R.; FIGUEIREDO, P. **A Variedade IAC 86-2480 como Nova Opção de Cana-de-Açúcar para Fins Forrageiros: Manejo da Produção e Uso na Alimentação Animal**. Campinas: IAC, 2002. 36p. (Boletim Técnico IAC 193 Série Tecnologia APTA).

LENG, R. A. **Limitaciones metabólicas en la utilización de la cana de azucar y SUS derivados para el crecimiento e producción de leche en rumiantes**. In: *Sistemas intensivos para producción animal y energia renovable com recursos tropicales*, Cali, Colombia, 1988. p.1-24.

LUDOVICO, A., HIDEAKI, H. E., SILVA, L. C. da, GRECCO, C. A. R., CUNHA FILHO, L. F. C., BARAN, M. R. Composição bromatológica e perdas de nutrientes na ensilagem de cana-de-açúcar com aditivos químicos e

microbianos. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.22, n. 3, 4, p.61-67, 2014.

MACEDO, D. C. **Composição bromatológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) hidrolisada com cal virgem**. 2007. 44 f. Trabalho de Graduação em Agronomia - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2007.

MAIS AGRO. 2022. **Cana, TCH e ATR: 5 práticas para proteger a qualidade**. Disponível em <https://maisagro.syngenta.com.br/> Acesso em 13/08/2024.

MANZANO, R. P.; FUKUSHIMA, R. S.; GOMES, J. D. F.; GARIPPO, G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1196-1204, 2000.

MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H.P. Variedade de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 17-35.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.

MOTA, D. A. **Diferentes tipos de cales na hidrólise da cana-de-açúcar IAC 86-2480**. 2008. 54 f. (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2008. OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C.; MOTA, D.A.; ANDRADE, A.T. Efeito da hidrólise com cal virgem sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar. *Vet. Not.*, Uberlândia, v.14, n. 1, p. 19-27, 2008.

MOTA, D. A. et al. *Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 6, p. 1186–1190, 2010.

MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N.; MANZI, G.M.; FERREIRA, D.S.; SANTOS, J. Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 39, n.6, p. 1186- 1190, 2010.

OLIVEIRA, M. D. S. **Cana hidrolisada é alternativa para alimentação de bovinos**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Disponível em (<http://sbdt.ibict.br/upload/sbdt2831.html?PHPSESSID=8291cf057ccb5215a354a200ccd4efe2>) Acesso em 08 de fev. 2025.

OLIVEIRA, M. D. S. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. 1. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 128 p, 1999.

OLIVEIRA, M. D. S.; BARBOSA, J. B.; MOTA, D. A.; ANDRADE, A. T. Efeito da Hidrólise da Cal Virgem Sobre a Composição Bromatológica da Cana-de-Açúcar. **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 1, p. 19-27, 2008.

OLIVEIRA, M. D. S.; QUEIROZ, M. A. A.; CALDEIRÃO, E.; BETT, V.; RIBEIRO, G. M. Efeito da hidrólise com NaOH sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Ars Veterinaria**, v.18, n.2, p.167-173, 2002.

OLIVEIRA, M.D.S. Cana hidrolisada garante alimentação bovina no inverno. **O processo de hidrólise é feito com cal originária de rocha calcárea**. Jornal UNESP, reitoria, 2005, p.1-2.

OLIVEIRA, M.D.S. **Cana-de-açúcar hidrolisada na alimentação de bovinos- Técnica da hidrólise com cal virgem ou hidratada**. Jaboticabal:Funep, 2010. 115p.

OLIVEIRA, M.D.S., QUEIROZ, M.A.A.; CALDEIRÃO, E.; BETT, V.; RIBEIRO, G.M. Efeito da hidrólise com NaOH sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Ars Veterinária**, v.18, n.2, p.167-173, 2002.

OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; SILVA, T.M.; FERNANDES, 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, 2007.

OLIVEIRA, M.D.S.; REGO, A.C.; SFORCINI, M.P.R.; FREITAS JÚNIOR, J.E.; SANTOS, J.; CARVALHO, M.V. Características bromatológicas e digestibilidade in

OLIVEIRA, M.D.S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, F.N.; LOPES, A.D.; SILVA, T.M.; MOTA, D.A. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 1, p. 9-17, jan./jun. 2008.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. et al. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.558-564, 2007.

PEDROSO, O. A. F.; NUSSIO, L. G. **Aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar**. 2002. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/mn/radoretecnicos>. Acesso em 22 de maio 2025.

PIRES, A.J.V.; VIEIRA, V.F.; SILVA, F.F. et al. Níveis de farelo de cacau (*Teobroma cacao*) na alimentação de novilhos. Disponível em: <http://www.reuniaoanualsbz.com.br/conteudo/Downloadtrabalho.asp?codigo=sbzo_11_46&cpf6O91237560>4, 2002. Acesso em: 30/3/2025

PORTAL AGRICONLINE. 2021. **Parâmetros de Qualidade da Cana-de-açúcar**. Disponível em <https://go.agriconline.com.br> Acesso em 13/08/2024

RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L. A. R.; LANDELL, M. G. A. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.1.111-1.112.

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

SANTOS, M. C., NUSSIO, L. G., MOURÃO, G. B., SCHMIDT, P., MARI, L. J., RIBEIRO, J. L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1555-1563, 2008..

SAS Institute. Statistical analysis system user's guide. Version 8.02. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2001.

SCHIMDT, P.; NUSSIO, C. M. B.; RODRIGUES, A. A. Produtividade, composição morfológica, digestibilidade e perdas no processo de ensilagem de duas variedades de cana-de-açúcar, com e sem adição de uréia. In: 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Campo Grande, MS. 2004. **Anais...** 41ª SBZ, CD-ROM, 2004.

SCHMIDT, P., ROSSI JUNIOR, P., JUNGES, D., DIAS, L. T., ALMEIDA, R., MARI, L. J. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p.543-549, 2011.

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

SILVA, M. M. L.; VIEIRA, P. F. V.; TOSI, H.; FAVORETTO, V.; KRONKA, S. N. Utilização de substituto do leite integral no aleitamento de bezerros de raças leiteiras em sistema de desaleitamento precoce. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 16, n. 3, p. 215-221, 1987.

SILVA, T. M.; OLIVEIRA M. D. S.; SAMPAIO, A. A. M. et al. 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 - GO, 2005. **Anais...** CD ROM..., 2005.

TEIXEIRA JÚNIOR, D. J. *Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem e cal hidratada na alimentação de vacas leiteiras*. Jaboticabal: UNESP, 2008. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista.

TEIXEIRA, F. A.; VELOSO, C .M.; PIRES, A. V.; SILVA, F. F.; NASCIMENTO, P. V. N. Perdas na ensilagem de capim-elefante aditivado com farelo de cacau e cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 227-233, 2008.

TEIXEIRA, J. C.; PÉREZ, J. R. O. **Valor nutricional do bagaço de cana tratado com diferentes níveis de hidróxido de sódio (NaOH) para ruminantes – bovinos.** In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23, 1986, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. p.157.

THIAGO, L. R. L. S.; GILL, M. **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen.** Campo Grande: Embrapa-CNPQC, 1993. 1. Reimp. 65p. (Documentos, 43).

THIAGO, L. R. L. S.; SILVA, J. M. da; RUIZ, M. E. Efeito de proporções de bagaço de cana em rações de ponta de cana, no consumo e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21, 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Zootecnia, julho 1984. n.255, p.292.

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.

TORRES, R. A.; COSTA, J. L. Uso da cana-de-açúcar na alimentação animal. In: EVANGELISTA, A. R.; SALES, E. C. J.; SIQUEIRA, G. R.; LIMA, J. A. (Ed.) **Simpósio de forragicultura e pastagens:** temas em evidências. Lavras: Editora UFLA, 2001, p. 1-14

TUFINO, S.; CALDERÓN, F.; SHIMADA, A. S. Efecto de la adición de hidróxido de sódio al ensilar caña de azucar su composición. **Resúmmes...** 2ª Reunión Internacional de la Caña de Azucar em la Alimetación Animal. México, 1978.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods.** Ithaca: Cornell university, 1985. 202p.

vitro de quatro variedades de canade-açúcar submetidas ou não à aplicação de cal virgem. **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 4, p. 355-361, 2012.

WALKER, G. M. **Yeast physiology and biotechnology.** London:Wiley Editorial Offices, 1998. 350p.

WENDLANDT, W. W.; P.J. ELVING; J.D.WINEFORDNER, **Thermal Analysis, Chemical Analysis.** 3ª Edição, Jonh Wiley & Sons, New York, 1986.

ZOPOLLATTO, M., DANIEL, J. L. P., NUSSIO, L. G.. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.170-189, 2009.