

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E QUEIMADA ENSILADA
COM CAL VIRGEM E DIFERENTES TEMPOS APÓS A QUEIMA**

Anna Paula de Toledo Piza Roth
Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2009

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

**CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E QUEIMADA ENSILADA
COM CAL VIRGEM E DIFERENTES TEMPOS APÓS A QUEIMA**

Anna Paula de Toledo Piza Roth

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2009**

Roth, Anna Paula de Toledo Piza
R845c Cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensilada com cal virgem e
diferentes tempos após a queima/ Anna Paula de Toledo Piza Roth. –
– Jaboticabal, 2009
v, 62 f. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009
Orientador: Ricardo Andrade Reis
Banca examinadora: Antônio Ricardo Evangelista, Luiz Gustavo
Nussio
Bibliografia

1. Estabilidade aeróbia. 2. Perdas. 3. Silagem. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.085.52:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

ANNA PAULA DE TOLEDO PIZA ROTH – filha de Paul Antony Roth e Martha de Toledo Piza Roth, nasceu em Rio Claro – SP, em 7 de fevereiro de 1984. Ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal em março de 2002, onde foi estagiária do Setor de Forragicultura do departamento de Zootecnia no período de janeiro de 2004 à junho de 2005 e posteriormente foi bolsista da FAPESP no período de junho de 2005 a dezembro de 2006. Graduiu-se em Agronomia em janeiro de 2007. Em março de 2007 ingressou no curso de pós-graduação, Mestrado em Zootecnia, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis.

Dedico:

A Deus por me possibilitar a vida,

Ao espírito Santo por iluminar meu caminho,

E ao meu anjo da guarda por me proteger sempre...

Ofereço:

*Aos meus pais por sempre estarem ao meu lado me apoiando e ajudando,
Bem e Mãe muito obrigada.*

*A minha irmã por estar aqui me ajudando, às vezes sendo a irmã mais
velha e mais nova, e me mostrando caminhos.*

*A minha Vóvis por sempre me mostrar que tudo pode dar certo e pela
alegria que sempre nos mostra.*

Agradeço:

A minha família pelo apoio e ajuda, e sempre estarem do meu lado.

Aos meus pais e minha irmã que sempre estão presentes na minha vida me mostrando onde erro e acerto.

A minha avó Cecília e ao meu avô Almeida que me ajudaram e criaram.

A minha Madrinha Marília, meu Padrinho João, minha prima Carolzinha sempre me apoiando.

A Tia Marininha, Tia Marina e Gigi sei que estão longe, mas sempre torcendo por mim.

A minha prima-irmã Juliana, Diogo e Antonio por apoiarem e torcerem por mim.

Ao meu namorado Matheus por estar do meu lado ajudando, apoiando, torcendo por mim e participando dessa nova fase.

Ao meu cunhadino Gu, por sempre ter me ajudado, apoiado e co-orientado mais uma vez e não a última.

A avó Nanny que com certeza esta sempre do meu lado.

Ao meu Tio Boy, que foi muito importante na minha formação, sei que distante mas sempre torce por mim.

Ao Prof. Ricardo por ter me acolhido e orientado me ajudando na minha formação.

A Prof^a Izabelle (Belle) pela grande colaboração, auxílio e apoio na minha formação.

Ao Prof. Flávio pela colaboração e conselhos.

Aos Professores Antônio Ricardo Evangelista e Luiz Gustavo Nussio por aceitarem participar da banca de mestrado.

A amiga e sempre companheira Gabriela (Parasita) por sempre estar do meu lado mesmo longe.

A minha amiga-irmã de Rio Claro Marina mesmo estando longe sempre torcendo e apoiando.

Aos novos e velhos amigos Camila (Açogueira), Antonio Carlos (Mocho), Mariana (Mari Loira), Fernando (Futum), Felipe, Thiago, Roberta, Daniel, Fernanda, Giovanni, Raul muito obrigada...

Aos estagiários da FEB pelo auxílio na realização desse projeto.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP/Jaboticabal pela grande oportunidade que me ofereceu possibilitando a realização desse trabalho e minha formação profissional.

A Fapesp por me possibilitar a realização desse trabalho.

Ao APTA – Colina pela oportunidade de realizar grande parte desse trabalho.

Aos funcionários da UNESP Ana Paula, Sr.Orlando e Adriana por ajudarem sempre que necessário.

Aos funcionários do APTA – Colina por ajudarem a realizar grande parte do projeto.

Agradeço a todos por me ajudarem e colaborarem em minha formação profissional e pessoal.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
SUMMARY.....	v
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução.....	1
2. Ensilagem da cana-de-açúcar.....	2
3. Queima da cana-de-açúcar.....	4
4. Cal virgem micropulverizada na ensilagem de cana-de-açúcar.....	5
5. Objetivos Gerais.....	8
6. Referências bibliográficas.....	9
 CAPÍTULO 2- ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES TEMPOS APÓS A QUEIMA.....	 12
RESUMO.....	12
1. Introdução.....	13
2. Material e Métodos.....	14
2.1. Ensilagem.....	14
2.2. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas.....	14
2.3. Determinações das perdas.....	16
2.4. Avaliação da estabilidade aeróbia.....	17
2.5. Delineamento experimental e análise estatística.....	17
3. Resultados e Discussão.....	18
4. Conclusões.....	32
5. Referências bibliográficas.....	33
 CAPÍTULO 3 – CAL VIRGEM MICROPULVERIZADA NA ENSILAGEM DE CANHA-DE-AÇÚCAR <i>IN NATURA</i> E QUEIMADA.....	 36
RESUMO.....	36
1. Introdução.....	37
2. Material e Métodos.....	39
2.1. Ensilagem.....	39
2.2. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas.....	40

2.3. Determinações das perdas.....	41
2.4. Avaliação da estabilidade aeróbia.....	41
2.5. Delineamento experimental e análise estatística.....	42
3. Resultados e Discussão.....	43
4. Conclusões.....	58
5. Referências bibliográficas.....	59

CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E QUEIMADA ENSILADA COM CAL VIRGEM E DIFERENTES TEMPOS APÓS A QUEIMA

RESUMO – Foram realizados dois experimentos, objetivando-se avaliar a composição química antes e após a abertura das silagens, as perdas ocorridas durante a fermentação e a estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar. No primeiro experimento as avaliações foram realizadas em silagens de cana-de-açúcar ensilada em diferentes tempos após a queima do canavial, nos dias 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 após a queima a forragem foi colhida. Observou-se que com o decorrer do tempo após a queima houve redução no teor de sacarose (16,42% para 13,44%), ocorrendo a sua inversão com conseqüente aumento nos teores de açúcares redutores (0,57% para 1,06%). A população de leveduras na cana-de-açúcar antes da ensilagem aumentou com o decorrer do tempo após a queima de 4,76 para 6,59 log UFC/g de forragem. Avaliadas as variáveis matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) na forragem fresca, observou-se maiores perdas após 21 dias da queima. Avaliando os parâmetros fermentativos, perdas por gás (PG), recuperação de matéria seca (RMS), variação da matéria seca (VMS) e fibra em detergente neutro (VFDN), a máxima RMS, as menores VMS e VFDN e PG pode ser observada no 15º dia após a queima. No pós-abertura, observou-se que quando ensilada forragem de melhor qualidade, menor foi a estabilidade aeróbia, indicando maior susceptibilidade da massa após a abertura a degradação microbiana. Concluiu-se que o tempo máximo para ensilar um canavial queimado, seria de 15 dias após sua queima, para que não ocorram maiores perdas. No segundo experimento as avaliações foram realizadas em silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimadas com adição de doses crescentes (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% na matéria natural) de cal virgem micropulverizada. Observou-se elevação nos teores de matéria mineral (2,29% para 10,74%) e redução na FDN (50,72% para 43,40%) em média da forragem fresca *in natura* e queimada quando adicionado à cal. Em relação ao efeito da queima observou-se que houve redução nos teores de MS (35,37% para 28,52%) e FDN (60,70% para 40,74%) devido a eliminação da palha. Avaliando as silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada no momento da abertura observou-se maiores teores de MS (30,20% para 22,48%) e FDN (75,54% para 68,10%) em silagens de cana-de-açúcar *in natura* em relação à queimada, quando utilizada a cal observou-se elevação nos teores de MS de silagens de cana-de-açúcar queimada e redução nos teores de FDN das silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada. Avaliando os parâmetros fermentativos observou-se maiores PG e menores RMS em silagens de cana-de-açúcar queimada. Porém quando utilizada a cal observou-se redução nas PG e melhores RMS em silagens de cana-de-açúcar queimada, nas silagens de cana-de-açúcar *in natura* não foi observado efeito positivo na cal nos parâmetros fermentativos. No pós abertura observou-se que as silagens de cana-de-açúcar queimada apresentaram menor estabilidade aeróbia em relação à *in natura*. Quando

utilizada a cal observou-se elevação na estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada. Concluí-se na ensilagem da cana-de-açúcar queimada deve-se utilizar a dose de 1,5% de cal e na cana-de-açúcar *in natura* a cal deve ser utilizada em doses acima de 1,5% para controle da estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: cal virgem micropulverizada, composição química, estabilidade aeróbia, perdas, queima, silagem

IN NATURE OR BURNED SUGAR CANE ENSILED WITH CALCIUM OXIDE AND DIFFERENT TIMES AFTER BURNING

SUMMARY – Two experiments were conducted to determine the chemical composition of the sugar cane, silage, as well as the losses occurring during the fermentation and aerobic stability. In the first experiment the evaluations were performed *in nature* sugar cane after different times of burning (1, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 days after burning). It was observed during the time after burning, reduction in sucrose content (16.42% to 13.44%), resulting in highest levels of reducing sugars (0.57% to 1, 6%) , due to the inversion reaction. yeast population of the sugar cane before ensiling increased during the time after the burning (4.76 to 6.59 log CFU / g of forage). Dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF) parameters evaluated in fresh cane, showing greater losses after 21 days of burning. Evaluations of the fermentative parameters, losses by gas (GP), dry matter recovery (DMR), dry matter (DMV) and neutral detergent fiber (NDFV) content variations, showed maximum DMR, and lowest DMV, NDFV and GP in sugar cane silage harvested until 15 days after burning. In the evaluations made in the post-opening silos, it was observed that ensilage of the better quality forage resulted in lowest aerobic stability, indicating greater susceptibility of the silage to air exposition and microbial degradation. Therefore, the maximum time to ensile burned sugar cane would be 15 days after firing. So, its possible reduces losses during the fermentation and exposure to air phases. In the second experiment the evaluations were conducted in crude or burned sugar cane ensiled with different calcium oxide doses (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% in the matter). It was observed increase in minerals levels (2.29% to 10.74%), and reduction in the NDF (50.72% to 43.40%) of the *in nature* and burned sugar cane silage in responses to calcium oxide addition. Sugar cane burning resulted in a reduction in DM (35.37% to 28.52%), and NDF (60.70% to 40.74%) levels due to the straw elimination. At the silos opening the *in nature* sugar cane showed highest DM (30.20% to 22.48%), and NDF (75.54% to 68.10%) levels compared to the *in nature* silage. Calcium oxide application increased the DM level of the burned sugar cane silage, and reduced the NDF content of the crude and burned silage. Fermentative parameters evaluations showed was more GP and lowest DMR in burned sugar cane silage, however calcium oxide application reduced the GP and increased DMR of the burned sugar cane silage. Calcium oxide application didn't affect the crude sugar silage fermentative parameters. In the post opening phase, the burned sugar cane silage presented lowest aerobic stability compared to the crude. Calcium oxide application increased the *in nature* and burned sugar cane silage aerobic stability. On the burned sugar cane silage is recommended dose of 1.5% of calcium oxide. However, in the *in nature* sugar cane, it's necessary to applied calcium oxide doses above 1.5% for the aerobic stability control.

Key words: aerobic stability, burning, calcium oxide, chemical composition, losses, silage

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A cana-de-açúcar é uma cultura que pode ser utilizada tanto com a finalidade agronômica, produção de açúcar e álcool, como na alimentação animal, sendo uma alternativa interessante, pois apresenta elevada produção de matéria seca por hectare, época de maturação na fase crítica da produção de forragens e facilidades no cultivo em relação as demais culturas utilizadas para suprir o déficit do período seco (milho, sorgo, etc).

Na maioria das vezes a cana-de-açúcar é utilizada na forma de capineira, sendo cortada diariamente para a alimentação animal, porém essa prática aumenta necessidade de mão-de-obra, causa a não uniformidade na rebrota do talhão e aumenta o risco das perdas por incêndios e geadas.

O processo de ensilagem da cana-de-açúcar é uma alternativa para a prevenção dos problemas citados acima ou até mesmo como forma de solução no caso de fogo acidental em talhões de cana-de-açúcar.

Porém a ensilagem da cana-de-açúcar apresenta elevadas perdas durante o processo fermentativo, devido à elevada produção de álcool proveniente da atividade de leveduras, que utilizam à alta concentração de açúcares solúveis durante o processo fermentativo reduzindo o valor nutricional da forragem ensilada.

O uso de aditivos químicos e inoculantes bacterianos vêm sendo avaliado com a finalidade de controlar a atividade de leveduras durante a fermentação, reduzindo à produção de álcool e conseqüentemente as perdas de matéria seca. Outra finalidade da utilização de aditivos químicos é o efeito que os agentes alcalinos podem exercer sobre as fibras, aumentando a solubilidade desta fração de baixa digestibilidade da cana-de-açúcar.

2. Ensilagem da cana-de-açúcar

A ensilagem da cana-de-açúcar tem se consolidado como opção alternativa ao manejo tradicional da cana em capineira, principalmente em decorrência dos benefícios operacionais caracterizados pela opção ensilada. Embora não haja números disponíveis, a adoção da ensilagem da cana-de-açúcar tem sido crescente, principalmente em rebanhos de maior porte (SCHMIDT, 2008).

A cana-de-açúcar apresenta elevada ensilabilidade, pois o processo fermentativo de forma geral é dependente de características intrínsecas e extrínsecas da planta a ser ensilada. As principais características intrínsecas são o teor de matéria seca (MS), carboidratos solúveis (CS) e a capacidade tamponante (CT), que a cana-de-açúcar apresenta valores apropriados desses parâmetros, podendo assim ser considerada um material apto para ser ensilado (SIQUEIRA, 2005).

A análise conjunta dos resultados de BERNARDES et al. (2007) e PEDROSO (2003), avaliando a cana-de-açúcar para ensilagem, gerou valores médios de MS (31%), CS (20,4%) e PT (6,5 e.mg de HCl/100 g de MS). Determinando a capacidade fermentativa da cana-de-açúcar, obteve-se como índice o valor de 56. Segundo OUDE ELFERINK et al. (1999) a CF mínima necessária para obtenção de silagens lácticas é de 35. Como pode ser observado, a cana-de-açúcar é forrageira de alta ensilabilidade, devido à suas características intrínsecas.

Mesmo apresentando alta ensilabilidade a cana-de-açúcar apresenta fermentação alcoólica devido à ação de leveduras, pois além da capacidade de fermentar açúcares e lactato, produzindo etanol, CO₂ e água, esse grupo de microrganismos compete com as bactérias ácido lácticas por substrato. Além disto, a presença de leveduras na silagem não é desejável, pois estão associadas com deterioração aeróbia após a abertura do silo (BERNARDES et al., 2007).

A ensilagem de cana-de-açúcar foge da regra, pois a população de leveduras que está presente na cultura (microbiota epifítica) durante a colheita

domina o processo fermentativo, e não é inibida pela redução do pH, pelas condições anaeróbias e pela pressão osmótica, o que leva a consequências negativas (SIQUEIRA et al., 2007a).

A fermentação da sacarose a etanol e gás carbônico, que posteriormente são volatilizados, pode ocasionar aumento da proporção de constituintes da parede celular, pela diminuição do conteúdo celular, reduzindo assim o valor nutritivo da cana-de-açúcar (NUSSIO et al., 2003).

Analizando alguns trabalhos que avaliaram o processo de ensilagem de cana-de-açúcar (Tabela 1) pode se observar que devido à elevada atividade das leveduras durante o processo de ensilagem da cana-de-açúcar, que consomem o conteúdo celular produzindo CO₂ e etanol, ocorre perdas de matéria seca elevadas e redução no valor nutritivo com elevação nos teores de fibra.

Tabela 1. Teores de matéria seca e fibra em detergente neutro de cana-de-açúcar fresca e silagens.

	Cana-de-açúcar fresca		Silagem	
	MS	FDN	MS	FDN
BALIEIRO NETO et al. (2007)	-	55,5	-	63,3
SOUSA et al. (2008)	31,1	48,7	22,5	68,1
SANTOS et al (2008)	35,4	52,9	-	67,1
BERNARDES et al. (2007)	27,3	42,1	20,9	54,9
PEDROSO et al. (2007)	29,3	55,3	25,4	64,5
SIQUEIRA et al. (2007b)	35,2	52,1	27,4	75,3

O uso de aditivos em forragens conservadas, notadamente na ensilagem, tem por premissa a redução nas perdas, elevação do valor nutritivo ou a melhora da estabilidade aeróbia do produto final (SCHMIDT, 2008). Portanto, a ensilagem da cana-de-açúcar demonstra necessidade da utilização de aditivos no controle das perdas fermentativas.

3. Queima da cana-de-açúcar

Em trabalho de pesquisa, MUTTON (1984) avaliou os efeitos da queima, do manejo e armazenamento sobre as características tecnológicas dos colmos de cana-de-açúcar, observou que quando queimada a cana-de-açúcar mantida em pé sofre menos interferência do tempo de armazenamento no peso do caldo extraído. No mesmo estudo foi observado que quando a cana-de-açúcar é queimada e picada o valor do Brix (%) aumenta, isso se deve provavelmente ao fato de depois do corte ocorre à perda de água aumentando assim a concentração de açúcar no colmo, já a cana-de-açúcar queimada e mantida em pé não houve diferença no Brix (%) com o passar do tempo.

Estudando deterioração de cana-de-açúcar mantida em pé, cortada inteira e picada (*in natura* e queimada), FERRARI & RODELLA (1979), verificaram que as porcentagens de fibra não variam até 96 horas, aumentando em seguida. Os açúcares redutores aumentam até 120 horas, decrescendo nas 72 horas seguintes.

TAVARES (1997) estudando deterioração de cana-de-açúcar queimada em pós-colheita, submetida à aplicação de maturadores químicos observou que o valor de Brix % tendeu a aumentar após a queima e corte da cana-de-açúcar com o passar do tempo. Esse autor explica os efeitos observados no Brix % caldo ao longo do tempo, muito provavelmente se deve, mais pela perda de líquido (desidratação provocado pela queima e condições ambientais), do que pelo aumento de sólidos solúveis. De acordo com o autor, a deterioração da cana-de-açúcar após a queima e corte pode ser de maior ou menor intensidade, dependendo das condições ambientais e fisiológicas da cultura (estádio de maturação).

Canaviais submetidos a incêndio voluntário ou accidental, ou queimados pela geada, precisam ser usados rapidamente, para evitar a conversão da sacarose e a respiração indesejável de carboidratos, gerando a necessidade da decisão pelo processo de ensilagem (NUSSIO et al., 2003).

No caso da ensilagem da cana-de-açúcar após a queima, BERNARDES et al (2007) observaram que houve maiores teores de etanol e populações de leveduras nas silagens produzidas com cana-de-açúcar queimada. Tal fato demonstra que a presença de açúcares na face exterior a parede celular, devido à queima, aumentou a contaminação por este grupo de microrganismos.

Avaliando o valor nutritivo de silagens de cana-de-açúcar queimada e *in natura*, SIQUEIRA et al. (2009a) observaram que antes da ensilagem os teores de carboidratos solúveis da cana-de-açúcar queimada eram superiores em relação a cana-de-açúcar *in natura* e conseqüentemente os teores de FDN eram inferiores, essa elevação deve-se ao efeito de concentração de açúcares devido à eliminação de constituintes da planta ricos em fibra, no caso, a palhada da cana.

Um dos raros estudos que avaliaram os efeitos do tempo após a queima, realizado por ROTH et al. (2006), os autores averiguaram que não houve resposta contundente das características fermentativas em função do tempo após a queima até 14 dias. Todavia os autores ressaltam a importância da realização de novos estudos para confirmarem as suas observações.

Outro aspecto relacionado à queima da cana-de-açúcar observado por BERNARDES et al. (2007), foi que em silagens de cana-de-açúcar queimada a produção de etanol durante o processo fermentativo foi superior ao de silagens de cana-de-açúcar *in natura*, os autores colocam que as altas temperaturas durante a queima destroem a camada de cera que envolve a parede celular, o que provoca rachaduras no colmo e conseqüente exudação de conteúdo celular (açúcares), aumentando a contaminação microbiana e ocasionando maior fermentação, e também o efeito das altas temperaturas podem provocar o desdobramento da sacarose em glicose e frutose, facilitando a fermentação por leveduras.

4. Cal virgem micropulverizada na ensilagem de cana-de-açúcar

A produção de etanol, em detrimento do valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, constitui-se na principal dificuldade apresentada por essa tecnologia e

no maior desafio da pesquisa, na busca por processos específicos que controlem adequadamente a população e atividade de leveduras, sem prejuízo da qualidade da silagem e do desempenho de animais. (NUSSIO et al., 2003).

Vários autores vêm relatando a necessidade de utilizar aditivos químicos ou microbianos na ensilagem de cana-de-açúcar (BERNARDES et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007b; PEDROSO et al., 2007) visando controle da fermentação indesejável realizada por leveduras e dependendo do aditivo podendo até melhorar a fração da fibra por meio de hidrólise.

Na literatura pode ser constatada a utilização de vários aditivos como uréia (PEDROSO et al., 2007; FERREIRA et al., 2007), benzoato de sódio (PEDROSO et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007b), carbonato de cálcio (SANTOS et al., 2008), hidróxido de sódio (SIQUEIRA et al., 2007b; PEDROSO et al., 2007), *Lactobacillus buchneri* (PEDROSO et al., 2007; SOUSA et al., 2008), óxido de cálcio (BALIEIRO NETO et al., 2007; SANTOS et al., 2008) dentre outros.

O hidróxido de sódio apresentou respostas positivas quando utilizado na ensilagem de cana-de-açúcar (SIQUEIRA et al., 2007b e PEDROSO et al. 2007), porém esse aditivo tem elevada ação corrosiva e também apresenta risco à saúde humana, e como alternativa alguns autores vêm utilizando o óxido de cálcio (BALIEIRO NETO et al., 2007; SANTOS et al., 2008; AMARAL, 2007).

O óxido de cálcio (cal virgem micropulverizada) pode reduzir os constituintes da parede celular por hidrólise alcalina e contribuir para a preservação de nutrientes solúveis por inibir o desenvolvimento de leveduras que atuam sobre a massa ensilada, amenizando a perda de valor nutritivo durante a ensilagem e após a abertura do silo (BALIEIRO NETO et al., 2007).

Os efeitos da utilização da cal virgem na ensilagem de cana-de-açúcar observados por SANTOS et al. (2008) foram menores perdas fermentativas (16,40% com cal e 34,31% sem aditivo) e gasosas (14,61% com cal e 32,11% sem aditivo) que resultaram em maiores recuperações de matéria seca (83,61% com cal e 65,69 sem aditivo), maior teor de carboidratos solúveis residuais (7,28% com cal e 2,98% sem aditivo) e de ácido lático (3,53% com cal e 2,00% sem

aditivo) e menores teores de etanol (0,38% com cal e 4,78% sem aditivo) e no momento da abertura menores teores da fração fibrosa (53,70% com cal e 67,10% sem aditivo) em relação a silagens sem aditivos.

Ao avaliar doses crescentes de óxido de cálcio BALIEIRO NETO et al. (2007) concluíram que a utilização do aditivo promoveu redução nos teores de fibra, aumento de digestibilidade e incremento da preservação de carboidratos não fibrosos após a abertura do silo.

5. Objetivos Gerais

Objetivou-se avaliar os efeitos do tempo após a queima do canavial e a utilização da cal virgem micropulverizada em silagens de cana-de-açúcar sobre a composição química antes e após a ensilagem, as perdas fermentativas e a estabilidade aeróbia.

Determinar qual o tempo máximo que um canavial poderia permanecer em pé após a queima accidental antes do processo de ensilagem, sem que ocorram maiores danos.

Avaliar qual a dose de cal virgem necessária para reduzir as perdas do processo fermentativo e melhorar a estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada.

6. Referências bibliográficas

AMARAL, R.C. **Avaliação de aditivos químicos sobre as perdas e valor alimentício das silagens de cana-de-açúcar para ovinos.** 2007. 165p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. et al. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1231-1239, 2007.

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.

FERRARI, F. A. & RODELLA, A. A. Deterioração de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 1º, Maceió, 1979. **Anais...** P. 475-478.

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

MUTTON, M. J. R. **Efeitos da queima, manejo e armazenamento sobre as características tecnológicas dos colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1984. 95f. (Dissertação de mestrado) - FCAV/UNESP, 1984.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar In: EVANGEISTA, A.R.; REIS, S.T.; GOMIDE, E.M. (Ed.) Forragicultura e pastagens: Temas em evidência - Sustentabilidade. Lavras: Editora UFLA, 2003. p. 49-72.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C. et al. **Silage fermentation processes and their manipulation**. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE. Rome: FAO, 1999. p.17-30.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos, microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120f. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

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. 556-564, 2007.

ROTH, A. P. T. P.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R. et al. Cana-de-açúcar ensilada com aditivos em diferentes tempos após a queima. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais ...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006 (CD-ROM).

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. 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, n. 9, p.1555-1563, 2008.

SCHMIDT, P. Aditivos químicos e biológicos no tratamento de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W. (Ed) Produção e Utilização de Forragens Conservadas. Maringá: Masson, 2008. p.117-152.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Influência da queima e aditivos químicos e bacterianos na composição química de silagens de cana-de-açúcar. **Archivos de Zootecnia**. prelo, 2009a.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. prelo, 2009b.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.4, p.789-798, 2007b.

SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F.; SIGNORETTI, R.D. et al. A produção de volumosos conservados como componente do sistema de produção de bovinos de corte. In: LADEIRA, M.M.; BASSI, M.S.; VALLONE, M.M. et al. (Ed) V Simpósio de Pecuária de Corte: alternativas para os novos desafios. Lavras: UFLA/NEPEC, 2007a. p. 165-227.

SIQUEIRA, G. R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e bacterianos**. 2005, 91f (Dissertação de mestrado) - FCAV/UNESP, 2005.

SOUSA, D.P.; MATTOS, W.R.S.; NUSSIO, L.G. et al. Efeito de aditivo químico e inoculantes microbianos na fermentação e no controle da produção de álcool em silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.9, p.1564-1572, 2008.

TAVARES, A. C. **Deterioração da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) queimada em pós-colheita, submetida à aplicação de maturadores químicos**. 1997, 63f (Trabalho de Graduação) – FCAV/UNESP, 1997.

CAPÍTULO 2 – ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES TEMPOS APÓS A QUEIMA

RESUMO – Objetivou-se avaliar os efeitos do tempo após a queima sobre a composição química da cana-de-açúcar no momento da ensilagem, as perdas ocorridas durante a fermentação, às características químicas na abertura dos silos e a estabilidade aeróbia das silagens. A variedade utilizada foi a IAC 86-2480 A queima do canavial foi realizada no final da tarde do dia anterior ao primeiro corte, e os colmos não foram cortados até atingirem o tempo pré-determinado para a colheita, representado dessa forma uma condição de fogo accidental. Nos dias 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 após a queima a forragem foi colhida, amostrada para análises e ensilada. Na forragem fresca foram avaliados os seguintes parâmetros: matéria seca (MS), fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA), proteína bruta (PB), teor de sacarose (POL), teor de sólidos solúveis totais (BRIX), açúcares redutores (AR), pureza (PUR). Decorridos 56 de fermentação, os silos experimentais foram abertos e os parâmetros avaliados foram os seguintes: recuperação de matéria seca (RMS), MS, perdas por gás (PG), FDN, FDA, PB. Na avaliação da estabilidade aeróbia foram avaliados o somatório do acúmulo de temperatura diária em 5 e 9 dias de exposição aeróbia, tempo para as silagens atingirem a temperatura máxima. Observou-se que com o decorrer do tempo após a queima houve redução no teor de sacarose (16,42% para 13,44%), ocorrendo a sua inversão com conseqüente aumento nos teores de açúcares redutores (0,57% para 1,06%). A população de leveduras na cana-de-açúcar antes da ensilagem aumentou com o decorrer do tempo após a queima de 4,76 para 6,59 log UFC/g de forragem. Avaliadas as variáveis MS, FDN e FDA na forragem fresca, pode-se observar para que não sejam maximizadas as perdas antes da ensilagem o tempo máximo seria de 21 dias. Avaliando os parâmetros fermentativos, PG, RMS, variação MS e FDN, a máxima RMS, as menores variações de MS e FDN e PG pode ser observada no 15º dia após a queima. No pós-abertura, observou-se que quando ensilada forragem de melhor qualidade, menor foi a estabilidade aeróbia, indicando maior susceptibilidade da massa após a abertura a degradação microbiana. Conclui-se que o tempo máximo para ensilar um canavial queimado seria de 15 dias após sua queima, para que não ocorram maiores perdas antes da ensilagem.

Palavras-chave: Composição química, estabilidade aeróbia, fogo, perdas, silagens.

1. Introdução

Por apresentar o seu ponto de colheita durante a época de escassez da produção de forragens oriunda das pastagens, e pela facilidade do seu cultivo, a cana-de-açúcar se apresenta como uma alternativa interessante na alimentação animal, sendo utilizada tanto por pequenos como grandes produtores. Porém, esta cultura apresenta alto risco de queima, por fogo accidental ou criminoso, e a ensilagem da forragem queimada, nessas circunstâncias apresenta-se como única alternativa de manter o estoque de forragem.

O processo de ensilagem requer planejamento, e no caso de fogo accidental, a propriedade pode não ter logística operacional suficiente para a realização das etapas, no período necessário para que não haja redução acentuada na qualidade da forragem. Todavia, o tempo máximo para a colheita do canavial após a queima ainda não foi bem estabelecido, pois existem poucos estudos relacionados a esta situação. ROTH et al. (2006) em uma primeira fase do projeto, que avaliou o efeito do tempo após a queima do canavial, averiguaram que não houve resposta contundente das características fermentativas, como perdas por gases, recuperação de matéria seca, matéria seca e pH, em função do tempo após a queima até 14 dias. Os mesmos autores em uma segunda fase, avaliando o valor nutritivo da forragem, observam que houve redução significativa nas características nutricionais até o 14º dia após a queima, porém esta não interferiu no processo fermentativo da forragem (ROTH et al., 2007). Todavia os autores ressaltam a importância da realização de novos estudos para confirmarem as suas observações.

Objetivou-se avaliar os efeitos do tempo após a queima sobre a composição da cana-de-açúcar no momento da ensilagem, as perdas ocorridas durante a fermentação, às características químicas e fermentativas na abertura dos silos e sobre a estabilidade aeróbia das silagens

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana – Colina, SP e na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Câmpus de Jaboticabal.

2.1. Ensilagem

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a IAC 86-2480 que apresentava 12 meses de crescimento vegetativo (terceiro corte) e produção média de 80 t/ha no momento da queima. A queima do canavial foi realizada no final da tarde do dia 30 de junho de 2007, anterior ao primeiro corte, os colmos não foram segregados da sua ligação com a raiz até atingirem o tempo pré-determinado para a colheita, representada dessa forma uma condição de fogo accidental.

Nos dias 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 após a queima a forragem foi colhida mecanicamente por ensiladeira da marca Menta Mit, modelo ColhiFex, e picada com tamanho de partícula médio de 1 a 2 cm.

Foram confeccionados 28 silos experimentais, sendo 7 tratamentos e 4 repetições, utilizado baldes plásticos com capacidade de 7L, os quais foram fechados com tampa plástica e lacrados com fita adesiva.

Foram utilizados soquete para a compactação da forragem alcançando a massa específica média de 676 kg de matéria natural por metro cúbico.

2.2. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas

Em cada tempo após a queima foram retiradas três amostras de forragem antes da ensilagem.

A primeira foi pesada e levada para estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas. Após esse período as amostras foram novamente pesadas,

moídas em moinho de faca até o tamanho das partículas atingirem menos de 1 mm e armazenadas em potes de plástico. Posteriormente nessas amostras foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) segundo os métodos descritos por SILVA & QUEIROZ (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram avaliados pelo método seqüencial segundo as técnicas descritas por ROBERTSON & VAN SOEST (1981). Na determinação da celulose foi utilizado o ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST, 1994), enquanto os teores de lignina foram calculados por diferença entre FDA e celulose.

A segunda amostra foi destinada a quantificação da população de leveduras, que foi realizada conforme metodologia descrita por KURTMAN & FELL (1998), efetuando-se o preparo das amostras para as análises microbiológicas com diluição prévia de 25 g de silagem (sem ser processada - matéria úmida) em 225 mL de solução salina estéril (8,5 g de NaCl/L de água destilada). Depois de agitação manual, foram retirados 10 mL do extrato para as diluições posteriores de 10^{-1} a 10^{-5} . A partir desse extrato diluído, distribuiu-se o meio inoculado (0,1 mL) em placas de Petri com Ágar batata (Difco). As culturas foram incubadas em aerobiose a 28°C por 72 horas para a contagem das colônias com o auxílio de lupa.

A terceira amostra foi levada para o laboratório da usina Guarani, que fica localizada no município de Colina – SP, onde foram avaliados os seguintes parâmetros: teor de sólidos solúveis totais (BRIX), teor de sacarose (POL), açúcares redutores (glicose + frutose) (AR) e pureza do caldo (PUR), segundo as metodologias descritas por BOVI & SERRA (1999).

Na abertura dos silos foram colhidas duas amostras de silagem de cada silo, que seguiram os procedimentos descritos anteriormente para a primeira amostra da forragem antes de ser ensilada. E a segunda amostra foi preparada, segundo a metodologia descrita por KUNG Jr. et al. (1984), para determinação do pH com o uso do potenciômetro.

2.3. Determinações das perdas

Após a confecção dos silos, esses foram pesados e armazenados em temperatura ambiente durante 56 dias, passado esse período os silos foram novamente pesados antes da abertura para a quantificação de perda por gás e da recuperação da matéria seca, que foram obtidas pelas equações abaixo.

A determinação da perda por gases foi calculada pela seguinte formula:

$$PG = (PSI - PSF) / MSI * 100, \text{ sendo:}$$

PG: produção de gases,

PSI: peso do silo no momento da ensilagem (kg),

PSF: peso do silo no momento da abertura (kg),

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) * % matéria seca)

Para a determinação da recuperação da matéria seca foi utilizado:

$$Rec = MSF / MSI * 100$$

Rec: recuperação da matéria seca

MSF: matéria seca no momento da abertura (quantidade de forragem (kg) * % matéria seca),

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) * % matéria seca).

Para a determinação da variação da matéria seca foi utilizada a seguinte equação para que os valores não fossem negativos:

$$\text{Variação da MS} = \%MS \text{ na ensilagem} - \%MS \text{ na abertura}$$

Para a determinação da variação da fibra em detergente neutro foi utilizado:

$$\text{Variação da FDN} = \%FDN \text{ na abertura} - \%FDN \text{ na ensilagem}$$

2.4. Avaliação da estabilidade aeróbia

Após a abertura, uma parte da silagem foi colocada em baldes plásticos com capacidade de 7 litros e estes foram armazenados em uma sala a temperatura ambiente, para avaliação da estabilidade aeróbia. As temperaturas do ambiente e das silagens no pós-abertura foram lidas a cada 1 hora por meio de equipamento de datalogger distribuídos pela sala e inserido no meio da massa. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo gasto em horas, para a massa de forragem elevar em 2°C a temperatura acima daquela do ambiente (KUNG Jr. et al., 1998).

Os somatórios do acúmulo de temperatura diária foram calculados com base no do somatório da diferença entre a temperatura da massa e do ambiente após cinco e nove dias de exposição aeróbia. Também foi avaliado o tempo em horas gasto para atingir a maior temperatura da massa e a maior diferença de temperatura entre a massa e o ambiente (O'KIELY, 1999).

Após 3, 6 e 9 dias de exposição ao ar foram retiradas amostras para a medida de pH das silagens.

2.5. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado para a fase fermentativa foi o inteiramente casualizado com 7 tratamentos e quatro repetições para cada tratamento. Na estabilidade aeróbia, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições utilizando o esquema de parcelas subdivididas, sendo o fator das parcelas o tempo pós queima e o fator atribuído a subparcela o tempo de exposição ao ar.

Os dados foram analisados pelo PROC REG do programa estatístico SAS (SAS, 1999), a escolha das equações de regressão foi feita com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t.

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentadas às equações de regressão com a significância e coeficientes de determinação das variáveis avaliadas antes da ensilagem da cana-de-açúcar ensilada em diferentes tempos após a queima do canavial.

Tabela 1. Equações de regressão, significância (Sig) e coeficientes de determinação (R^2) de variáveis analisadas da cana-de-açúcar ensilada em diferentes tempos após a queima do canavial.

Variáveis	Equação	P>F ²	R ²
MS	$Y = 29,70 - 0,25x + 0,01x^2$	**	0,40
MM	$Y = 2,01$	NS	-
PB	$Y = 3,00$	NS	-
FDN	$Y = 40,48 + 0,39x - 0,005x^2$	**	0,34
FDA	$Y = 24,13 + 0,42x - 0,01x^2$	**	0,40
LIG	$Y = 3,29 + 0,21x - 0,005x^2$	*	0,30
BRIX	$Y = 17,59$	NS	-
POL	$Y = 15,51 + 0,004x - 0,002x^2$	**	0,39
AR	$Y = 0,65 - 0,01x + 0,001x^2$	**	0,62
PUR	$Y = 87,11 + 0,30x - 0,02x^2$	**	0,61
Leveduras	$Y = 4,70 + 0,063x$	**	0,67

MS: matéria seca (%), MM: matéria mineral (%MS), PB: proteína bruta (%MS), FDN: fibra em detergente neutro (%MS), FDA: fibra em detergente ácido (%MS), LIG: lignina (%MS), BRIX: teor de sólidos solúveis totais, POL: teor de sacarose (%caldo), AR: açúcares redutores (glicose + frutose) (%caldo), PUR: pureza do caldo (%açúcares totais), Leveduras: contagem de leveduras (log UFC/g MV)

* Equação significativa a 5% ** Equação significativa a 1%. NS: não significativa.

A concentração de sólidos solúveis totais não foi alterada com o decorrer do tempo após a queima, o valor médio observado foi de 17,59% de Brix no caldo. OLIVEIRA et al. (1999) observaram valores de 18,22 e 19,96 % de Brix no caldo de cana-de-açúcar *in natura* em duas variedades CO 413 e RB 72 454, valores superiores aos observados, porém as variedades estudadas pelos autores são diferentes da utilizada no presente trabalho.

Houve elevação no teor de açúcares redutores (AR) e redução no teor de sacarose (POL) com o decorrer do tempo após a queima (Figura 1A e B). Esse

fato pode ser atribuído à ação de invertases que são enzimas presentes na cana-de-açúcar, capazes de inverter a sacarose em glicose e frutose (açúcares redutores), a atividade dessa enzima pode ter sido estimulada através das altas temperaturas que ocorreram durante a queima do canavial.

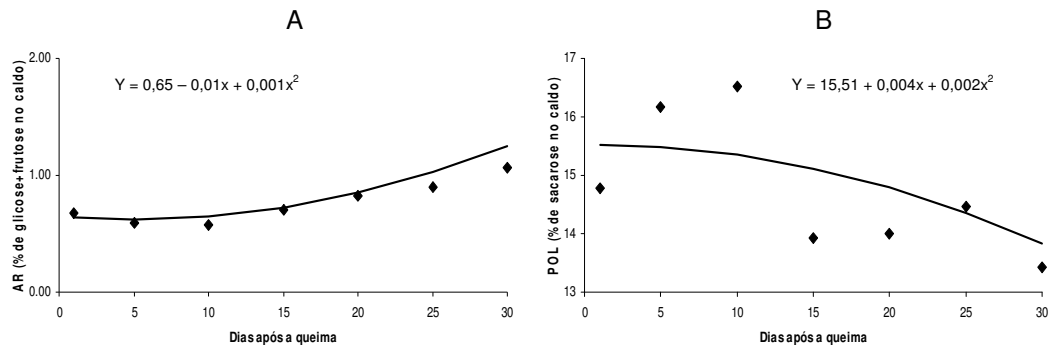


Figura 1. Teores de açúcares redutores (frutose+glicose) (A) e sacarose no caldo (B) de cana-de-açúcar queimada colhida com diferentes dias após a queima

O desdobramento da sacarose em glicose e frutose, também foi citado por BERNARDES et al. (2007), segundo os autores isso pode ter ocorrido devido ao aumento da temperatura e elevado tempo de estocagem, esta também pode ser a explicação para as alterações nos teores de POL (sacarose no caldo) e AR (açúcares redutores, glicose e frutose) observados no presente trabalho.

A avaliação de pureza do caldo quantifica a porcentagem de sacarose em relação aos sólidos solúveis totais (Figura 2A). Observou-se redução na pureza aparente do caldo com o decorrer do tempo após a queima do canavial, este fato pode ser explicado pela inversão da sacarose em glicose + frutose (Figura 1A). OLIVEIRA et al. (1999) estudando duas variedades de cana-de-açúcar (CO 413 e RB 72 454) que foram colhidas e armazenadas durante 4,5 dias também observaram redução na pureza do caldo, que foi em média de 86,78 para 82,59%, redução inferior a observada no presente estudo, de 86,29 para 75,14% no 30º dia após a queima.

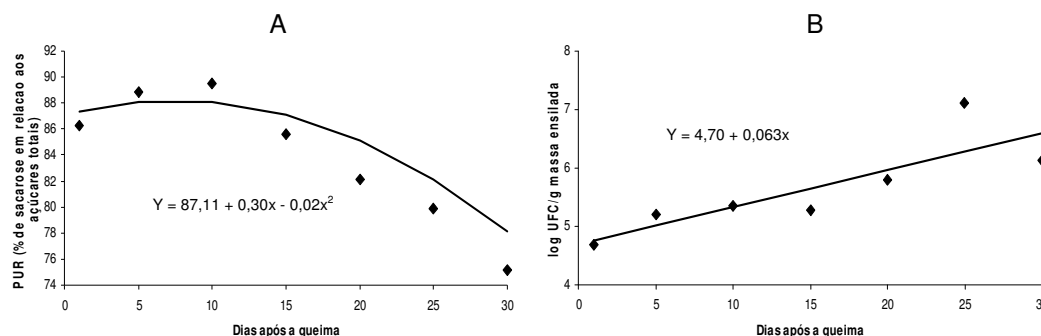


Figura 2. Pureza aparente do caldo (A) e população de leveduras (B) de cana-de-açúcar queimada e colhida com diferentes dias após a queima

Observou-se elevação na população de leveduras com o decorrer dos dias após a queima (Figura 2B). A presença de açúcares redutores (glicose e frutose) pode facilitar a fermentação alcoólica pelas leveduras, pois segundo WALKER (1998) algumas espécies de leveduras possuem invertase, enzima capaz de degradar a sacarose, enquanto outras cepas, por não possuírem a enzima, ficariam limitadas à fermentação desse dissacarídeo. No presente estudo ficou evidente a elevação no teor de açúcares redutores que poderiam auxiliar para o aumento da população de leveduras (Figura 1A).

Além da inversão da sacarose em açúcares redutores, outro fato que pode ser responsável pela elevação da população de leveduras é a elevação da temperatura durante a queima, que destroem a camada de cera que envolve a parede celular, provocando rachaduras no colmo e conseqüente exudação de conteúdo celular (açúcares), aumentando a contaminação microbiana (BERNARDES et al, 2007).

Com o decorrer do tempo após a queima houve elevação nos teores de fibra em detergente neutro e ácido (Figura 3A), as elevações nos teores da fração fibrosa podem ser atribuídas à elevada população de leveduras (Figura 2B) que consomem o conteúdo celular, elevando assim a concentração da parede celular. ROTH et al. (2007) avaliando o tempo após a queima do canavial até 15 dias também observam variações nos teores da fração fibrosa com o decorrer do tempo após a queima, sendo no 4º dia após a queima o teor de FDN foi o máximo

observado (44,4%), em relação à FDA os autores observaram redução dessa fração com o decorrer do tempo após a queima, diferente do observado no presente trabalho.

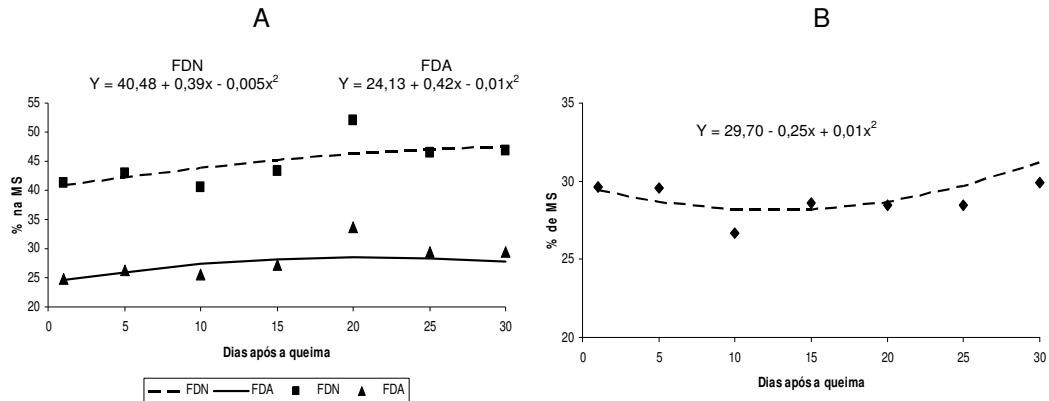


Figura 3. Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) (A) e matéria seca (MS) (B) da cana-de-açúcar antes da ensilagem em diferentes tempos após a queima do canavial

Os teores de matéria seca reduziram com o decorrer do tempo após a queima (Figura 3B), tal fato pode ser justificado devido a inversão da sacarose em glicose e frutose (Figura 1A), que são açúcares simples e de fácil degradação pelas leveduras, que com o tempo após a queima ocorreu elevação na população (Figura 2B), indicando aumento na atividade desses microrganismos. Outros autores observaram redução no teor de matéria seca quando avaliaram o tempo após a queima do canavial (ROTH et al., 2007).

Em relação a matéria mineral e proteína bruta não foi observada diferença significativa sendo os valores médios de 2,01% e 3,00%, respectivamente.

Os parâmetros avaliados após a abertura dos silos estão apresentados na Tabela 2, na forma de equações de regressão.

Tabela 2. Equações de regressão, significância (Sig) e coeficientes de determinação (R^2) de variáveis analisadas de silagens de cana-de-açúcar ensilada em diferentes tempos após a queima do canavial.

Variáveis	Equação	P>F ²	R ²
PG	$Y = 21,14 - 0,16x - 0,004x^2$	**	0,33
RMS	$Y = 63,68 + 0,87x - 0,03x^2$	*	0,29
VMS	$Y = 10,08 - 0,37x + 0,01x^2$	**	0,54
VFDN	$Y = 29,43 - 1,23x + 0,04x^2$	**	0,54
MS	$Y = 19,62 + 0,12x - 0,001x^2$	**	0,44
MM	$Y = 2,62$	NS	-
PB	$Y = 4,45 - 0,05x + 0,002x^2$	**	0,62
FDN	$Y = 69,98 - 0,84x + 0,03x^2$	**	0,47
FDA	$Y = 44,99$	NS	-
LIG	$Y = 8,40$	NS	-
pH	$Y = 3,22 + 0,02x - 0,0007x^2$	**	0,49

PG: perdas por gases (%MS), RMS: recuperação de matéria seca (%MS), VMS: variação da matéria seca, VFDN: variação da fibra em detergente neutro, MS: matéria seca (%), MM: matéria mineral (%MS), PB: proteína bruta (%MS), FDN: fibra em detergente neutro (%MS), FDA: fibra em detergente ácido (%MS), LIG: lignina

* Equação significativa a 5% ** Equação significativa a 1%. NS: não significativa.

As perdas por gases reduziram com o decorrer do tempo após a queima (Figura 4), a produção de gases pode ser correlacionada a atividade de leveduras e produção de etanol. PEDROSO et al. (2005) observaram correlação de 0,89 entre etanol e PG. Segundo McDONALD et al. (1991), a fermentação de carboidratos solúveis por leveduras durante a estocagem das silagens tem como produto etanol e CO_2 , sendo descrita pela seguinte equação:



Geralmente os estudos correlacionam a redução das perdas por gases com controle das atividades de leveduras durante a fermentação, no presente trabalho o que pode ter limitado a atividade das leveduras seria as menores concentrações de açúcares no momento da ensilagem, devido ao consumo que pode ter ocorrido durante a permanência da cana-de-açúcar no campo após a queima do canavial (Figura 3A).

Avaliando o tempo após a queima do canavial, ROTH et al. (2006) também observaram redução na perda por gases, os autores atribuem o fato a redução do

aporte de substrato para microrganismos fermentadores devido ao tempo de permanência da cana-de-açúcar queimada no campo.

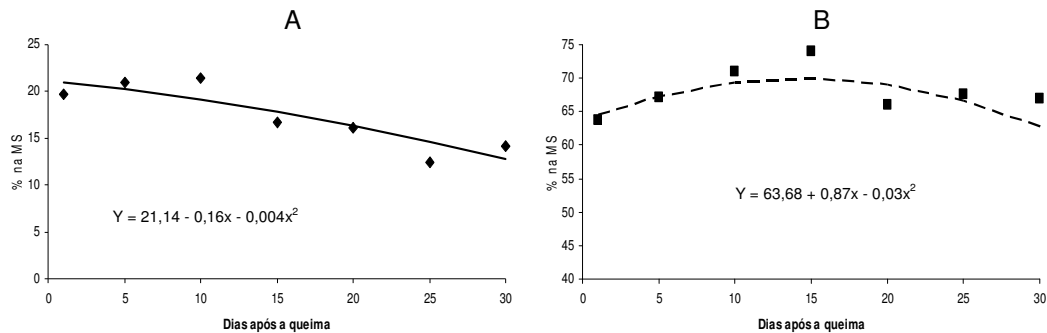


Figura 4. Produção de gás (A) e recuperação de matéria seca (B) de silagens de cana-de-açúcar ensilada em diferentes tempos após a queima

Durante o tempo após a queima ocorreu elevação na recuperação de matéria seca até o 15º dia, SIQUEIRA et al. (2007) observam que é possível associar as perdas por gases à recuperação de matéria seca de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada utilizando aditivos, pois o maior redutor da recuperação de matéria seca é a produção de CO₂ por leveduras durante a fermentação dos carboidratos a etanol.

Portanto pode-se atribuir a elevação na recuperação de matéria seca as menores perdas por gás observadas na Figura 4B e A. . ROTH et al. (2007) estudando recuperação de matéria seca e produção de gás em silagens de cana-de-açúcar ensiladas com diferentes tempos após a queima também observaram que com o decorrer do tempo a produção de gás reduziu e a recuperação de matéria seca aumentou.

A menor variação de matéria seca da silagem (Figura 5A) foi observada entre o 15º e o 20º dias após a queima do canavial, essa avaliação mostra menor consumo de matéria seca durante a fermentação indicando assim redução na atividade de microrganismos indesejáveis. SIQUEIRA et al (2007) estudando silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada utilizando aditivos observaram que os maiores teores de matéria seca foram encontrados nas silagens com

maiores recuperações de matéria seca, o que reflete a importância de se avaliar a variação entre os teores de matéria seca antes da ensilagem e após a abertura. SIQUEIRA et al. (2009a) observam variações de matéria seca em silagens de cana-de-açúcar queimada sem aditivos inferiores (4,9%) as observadas no presente trabalho que foram de 10,15% a 6,57%.

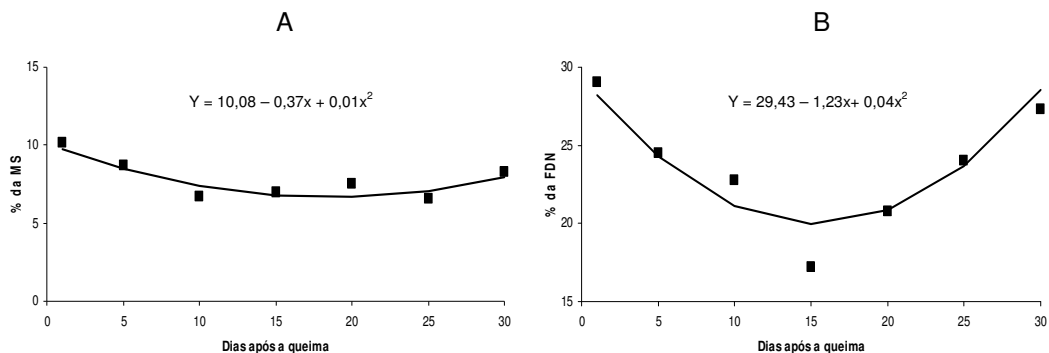


Figura 5. Variações de matéria seca (A) e fibra em detergente neutro (B) de silagens de cana-de-açúcar ensiladas em diferentes tempos após a queima

As variações de fibra em detergente neutro (Figura 5B) podem indicar o consumo do conteúdo celular durante a fermentação, no caso de silagens de cana-de-açúcar as principais responsáveis pela redução no conteúdo celular são as leveduras. As variações de fibra em detergente neutro foram reduzindo com o decorrer do tempo após a queima, isso pode indicar o menor consumo do conteúdo celular, sendo o menor valor observado no 15º dia.

Portanto vale ressaltar que durante o tempo que a cana-de-açúcar permaneceu no campo após a queima do canavial ocorreram perdas de conteúdo celular (Figura 3A e B) que causaram elevação no teor da fração fibrosa e redução nas atividades de leveduras durante a fermentação (Figura 4A) devido a redução de substrato, provavelmente a redução das atividades de leveduras foram responsáveis pela menor variação de FDN com o decorrer dos dias após a queima e não o controle da atividade desses microrganismos preservando assim o conteúdo celular.

Os teores de matéria seca (Figura 6A) das silagens de cana-de-açúcar ensiladas em diferentes tempos após a queima aumentaram com o decorrer do tempo. O teor de matéria seca encontrado, em silagens de cana-de-açúcar queimada, por BERNARDES et al. (2007) de 20,1%, que esta dentro da faixa de matéria seca observada (19,74% a 22,32%).

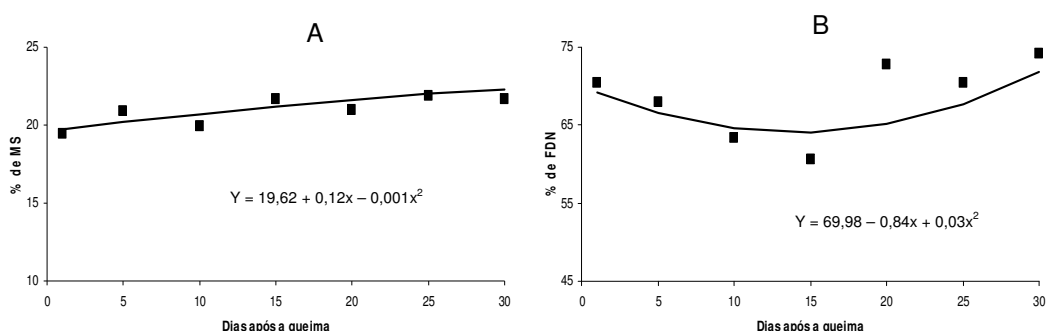


Figura 6. Teores de Matéria seca (MS) (A) e fibra em detergente neutro (FDN) (B) de silagens de cana-de-açúcar ensiladas em diferentes tempos após a queima do canavial

Os teores de matéria seca observados na forragem fresca (28,20% a 31,20%) são superiores aos das silagens (19,74% a 22,32%), a diferença entre os teores deve-se pela atividade de leveduras, durante a fermentação, consumindo matéria seca e produzindo CO₂ e etanol, ocasionando as perdas durante o processo fermentativo.

A redução nos teores de matéria seca durante a fermentação foram observadas em outros estudos avaliando silagens de cana-de-açúcar *in natura*, queimada, com e sem a utilização de aditivos (SIQUEIRA et al., 2007; BERNARDES et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2009a), os autores atribuem à redução nos teores de matéria seca, das silagens quando comparadas a forragem fresca, ao consumo do conteúdo celular.

O menor teor de FDN (Figura 6B) observado nas silagens de cana-de-açúcar foi no 14º dia após a queima do canavial (64,10%). Os teores de FDN na forragem fresca (40,87% a 47,68%) são inferiores aos da silagem (64,13% a 71,78%), isso deve-se, provavelmente ao consumo dos carboidratos solúveis

durante a fermentação. BERNARDES et al. (2007) avaliando a queima e adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar, observaram que quando comparados os teores de FDN e FDA das silagens aos respectivos teores da forragem original ocorreram aumentos desses constituintes, relacionado ao elevado consumo de açúcares solúveis pelas leveduras durante a fermentação, acarretando aumento proporcional nos teores dessas variáveis. Também foi constatado que, quanto maior o teor de açúcar disponível (silagens sem adição de milho desintegrado com palha e sabugo), maior o acréscimo na proporção da fibra da silagem.

O teor médio de FDA nas silagens foi de 44,99%, sendo esse superior aos encontrados na forragem fresca que eram de 24,54% a 28,53%, essa elevação pode ser atribuída ao consumo de açúcares durante a fermentação decorrente das atividades de leveduras, que consomem os açúcares aumentando assim a proporção fibrosa das silagens.

Em relação ao teor de matéria mineral na silagem de cana-de-açúcar (2,62%) houve aumento quando comparado à forragem fresca (2,01%). A matéria mineral, diferentemente dos açúcares, não é consumida durante a fermentação ocorrendo assim aumento na sua proporção em relação às demais frações que são consumidas durante a fermentação.

Os teores de proteína bruta da silagem (4,15% a 4,75%) foram superiores ao da forragem fresca (3,06%). SIQUEIRA et al. (2007) observaram aumento nos teores de proteína bruta da silagem de cana-de-açúcar quando comparado a forragem fresca, os autores explicam que o aumento ocorreu devido ao efeito da concentração dessa fração sobre as perdas de açúcares solúveis e não a síntese de proteína.

Houve elevação no valor de pH (Figura 7) das silagens de cana-de-açúcar ensiladas até o 15º dia após a queima seguido por redução após esse dia. Em outras pesquisas observou-se que os valores de pH de cana-de-açúcar são baixos, (BERNARDES et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2009a) próximos a 3,5. Porém no caso de silagens de cana-de-açúcar a fermentação indesejável é

realizada pelo desenvolvimento de leveduras, que na maioria das vezes não são inibidas pela redução do pH.

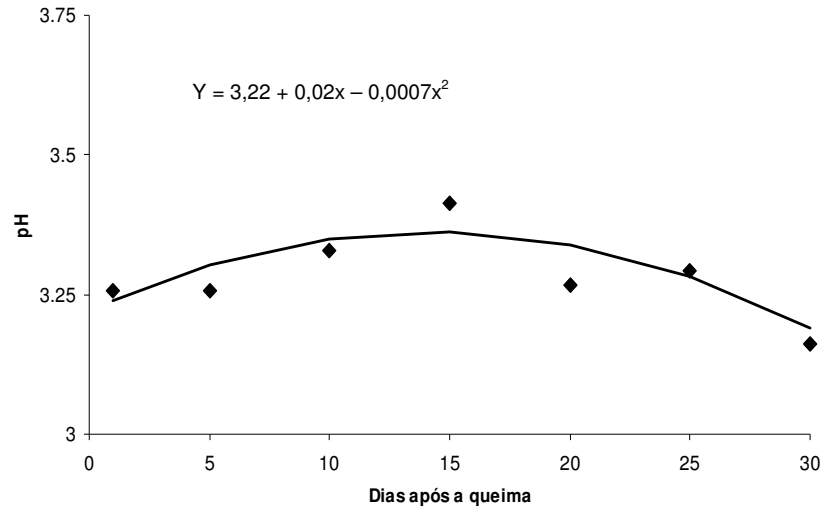


Figura 7. Valores de pH de silagens de cana-de-açúcar ensiladas em diferentes tempos após a queima do canavial

Na Tabela 3 estão apresentadas às equações de regressão com a significância e coeficientes de determinação das variáveis avaliadas durante o pós abertura de silos de cana-de-açúcar ensiladas em diferentes tempos após a queima do canavial.

Tabela 3. Equações de regressão, significância (Sig) e coeficientes de determinação (R^2) de variáveis analisadas no pós abertura de silos de cana-de-açúcar ensilada em diferentes tempos após a queima do canavial.

Variáveis	Equação	P>F ²	R ²
ADIT5	$Y = 25,4$	NS	-
ADIT9	$Y = 37,08 + 0,96x - 0,04x^2$	*	0,26
EST	$Y = 29,2$	NS	-
TTM	$Y = 47,0$	NS	-
TM	$Y = 13,08 - 0,08x + 0,0002x^2$	*	0,27
pH	$Y = 3,16 + 0,29x + 0,02x^2$	**	0,76

ADITE 5 e 9: somatório do acúmulo de temperatura diária em 5 e 9 dias de exposição aeróbia, respectivamente (°C), EST: tempo em horas gasto para elevação em 2° C da temperatura da massa em relação à temperatura ambiente, TTM: tempo em horas gasto para atingir a maior temperatura da massa, TM: maior diferença de temperatura entre a massa e o ambiente (°C), pH: valores de pH em relação aos dias de exposição aeróbia

* Equação significativa a 5% ** Equação significativa a 1%. NS: não significativa.

O somatório de temperatura diária (Figura 8) pode indicar a intensidade da instabilidade da massa, quanto maior este valor, mais intensa a instabilidade da massa, maior o aquecimento e o tempo que a massa permaneceu aquecida.

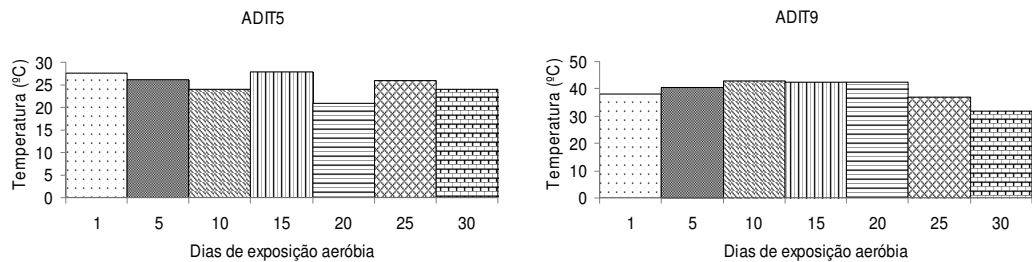


Figura 8. Somatório do acúmulo de temperatura diária com 5 (ADIT5) e 9 (ADIT9) dias de exposição aeróbia de silagens de cana-de-açúcar ensiladas em diferentes tempos após a queima durante a exposição aeróbia

Não houve diferença estatística no somatório do acúmulo de temperatura diária com 5 dias, sendo 25,4°C o valor médio observado. SIQUEIRA et al. (2004) observaram valores inferiores do somatório do acúmulo de temperatura diária com 5 dias em silagens de cana-de-açúcar queimada (3,5°C).

Em relação ao somatório do acúmulo de temperatura diária com 9 dias, ocorreu elevação nos valores até o 20º dia após a queima seguido por redução após esse tempo.

Mesmo não havendo diferença estatística na estabilidade aeróbia, as silagens confeccionadas com a cana-de-açúcar com apenas um dia após a queima do canavial foram as primeiras a quebrarem a estabilidade (19,8 horas), esse valor está abaixo do observado por SIQUEIRA et al. (2004) em silagens de cana-de-açúcar queimada (100 horas). Segundo JOBIM & GONÇALVES (2003), quanto maior a qualidade de uma silagem, mais instável ela deve ser. Nesse sentido, pode-se dizer que as silagens de 1 dia após a queima apesar de sofrerem elevadas perdas durante o armazenamento anaeróbio (Figura 4 e 9), ainda apresentavam no momento da abertura condições superiores às demais silagens, para atuação de microrganismos aeróbios.

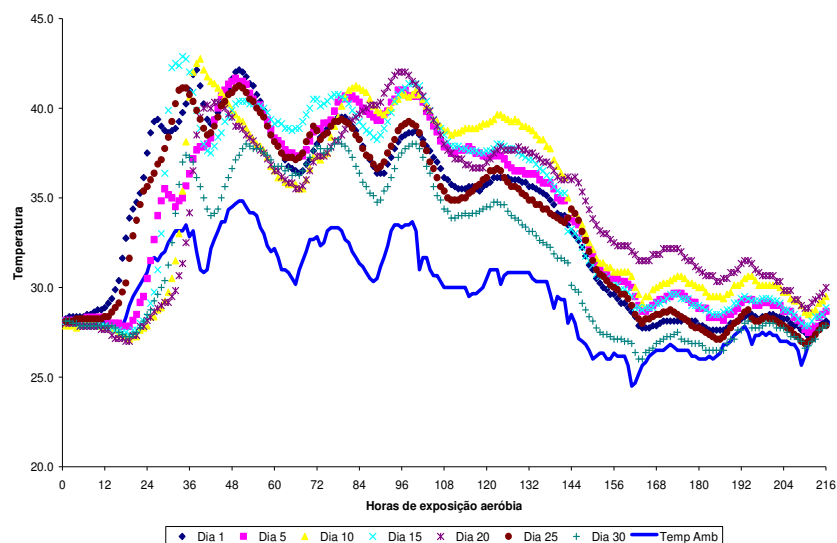


Figura 9. Temperatura ambiente e de silagens de cana-de-açúcar ensiladas com diferentes tempos após a queima

Em relação ao tempo gasto em horas para atingir a maior temperatura da massa não houve diferença significativa, porém biologicamente observou-se que nas silagens produzidas com um dia após a queima observou-se o menor valor

(29,8 horas) em relação ao valor médio (47,0 horas) mostrando que o aquecimento da massa foi mais rápido em relação às demais, indicando a elevada atividade de microrganismos na exposição aeróbia.

A composição bromatológica e o perfil de açúcares na forragem fresca pode ser um indicativo de que, quanto maior o tempo que a cana-de-açúcar permanece no campo após a queima, maiores são as perdas do valor nutritivo da forragem. No entanto, quando foi ensilada a cana-de-açúcar, com menores teores de fração fibrosa e maiores teores de açúcares, as perdas foram maiores, provavelmente, pelo maior aporte de substrato para as leveduras. No pós-abertura, observou-se que, quando ensilada forragem com melhor valor nutritivo, menor foi a estabilidade aeróbia, indicando maior susceptibilidade da massa após a abertura a degradação microbiana.

Houve elevação nos valores médios do pH durante a exposição aeróbia (Figura 10) de silagens de cana-de-açúcar ensiladas em diferentes tempos após a queima. Segundo McDONALD et al. (1991) o metabolismo do ácido láctico pelos microrganismos aeróbios resulta em elevação do pH. Portanto durante a exposição aeróbia a atividade de microrganismos foi elevada, esse fato pode ser comprovado observando-se as Figuras 9 e 10, que demonstram dois fatores que podem ser atribuídos indiretamente a atividade desses microrganismos aeróbios, aquecimento da massa e elevação dos valores de pH.

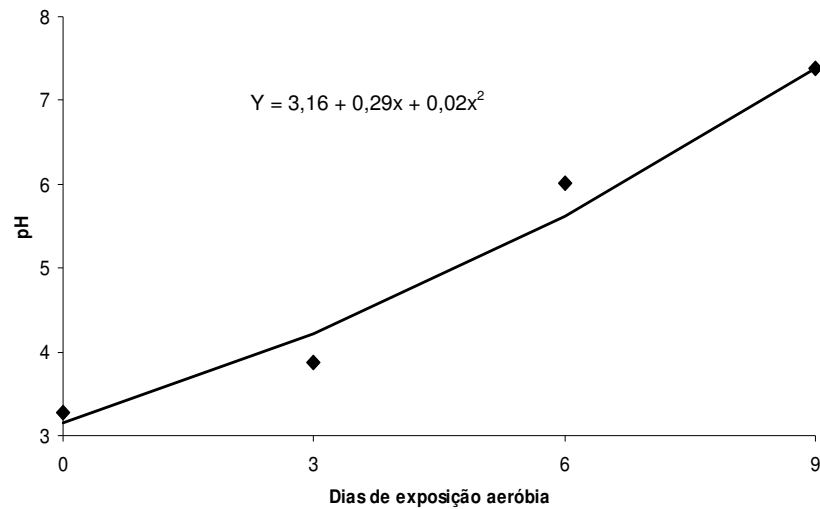


Figura 10 – Valores de pH de silagens de cana-de-açúcar ensiladas em diferentes tempos após a queima durante a exposição aeróbica.

Outros autores avaliando silagens de cana-de-açúcar queimada expostas durante cinco dias a aerobiose também observaram elevação nos valores de pH e atribuem menores elevações dos teores de pH a maior eficiência na preservação dos substratos produzidos durante a fermentação (SIQUEIRA et al., 2009b).

4. Conclusões

Concluí-se que o tempo limite para ensilar um canavial queimado acidentalmente seria de 10 a 15 dias após a sua queima, para que não ocorram maiores perdas antes da ensilagem.

5. Referências Bibliográficas

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.

BOVI, R.; SERRA, G.E. Impurezas fibrosas da cana-de-açúcar e parâmetros tecnológicos do caldo extraído. **Scientia agricola**, v. 56, n. 4,p. 885-896, 1999

JOBIM, C. C.; GOLÇALVES, G. D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. et al (eds).**Volumosos na produção de ruminantes: valor alimentício de forragens**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. p. 1-27.

KUNG Jr., L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. Added ammonia or microbial inoculant for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.299-306, 1984.

KUNG Jr., L.; SHEPERD, A.C.; SMAGALA, A.M. et al. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.5, p.1322-1330, 1998.

KURTMAN, C.P.; FELL, J.W. **The yeast**: a taxonomic study.Amsterdam: Elsevier, 1998. 1055p.

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

O'KIELY, P. **Maximizing output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems**. Dunsany: Grange Research Centre, 1999. 64p. (Beef Production Series, 10).

OLIVEIRA, M. D. S.; TOSI, H.; SAMPAIO, A. A. M. et al. Avaliação de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tempos de armazenamento. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 34, n. 8, p. 1435-1442, 1999.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, p.427-432, 2005.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W. P. T.; THEANDER, O. (Ed.) **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981, p.123-158.

ROTH, A. P. T. P.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R. et al. Cana-de-açúcar ensilada com aditivos em diferentes tempos após a queima. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais ...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006 (CD-ROM).

ROTH, A. P. T. P.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R. et al. Composição química de silagens de cana-de-açúcar ensilada em diferentes tempos após a queima e tratadas com aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007 (CD ROOM).

SAS INSTITUTE. **The SAS system for Windiws**: version: 8.2 (CD ROM). Cary: SAS Institute, 1999.

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

SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P. et al. Inoculantes microbiológicos e aditivos químicos na fermentação e estabilidade

aeróbia das silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) *in natura* e queimada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004 Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004 (CD ROOM).

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Perfil de fermentação de silagens de cana-de-açúcar *in natura* ou queimada e tratada ou não com *L. buchneri* (Cepa NCIMB 40788). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007 Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007 (CD ROOM).

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Influência da queima e aditivos químicos e bacterianos na composição química de silagens de cana-de-açúcar. **Archivos de Zootecnia**. prelo, 2009a.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. prelo, 2009b.

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

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

CAPÍTULO 3 – CAL VIRGEM MICROPULVERIZADA NA ENSILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E QUEIMADA

RESUMO – Objetivou-se avaliar doses de cal virgem micropulverizada na ensilagem da cana-de-açúcar *in natura* e queimada, sobre as características químicas e fermentativas, perdas e a estabilidade aeróbia. A variedade utilizada foi a IAC 86-2480 A queima do canavial foi realizada no final da tarde do dia anterior ao corte, as doses utilizadas foram: 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% de cal na matéria natural. Na forragem fresca foram avaliados os seguintes parâmetros: matéria seca (MS), fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA) e proteína bruta (PB). Decorridos 56 de fermentação, os silos experimentais foram abertos e os parâmetros avaliados foram os seguintes: recuperação de matéria seca (RMS), MS, perdas por gás (PG), FDN, FDA, PB. Na avaliação da estabilidade aeróbia foram avaliados o somatório do acúmulo de temperatura diária em 5 e 9 dias de exposição aeróbia, tempo para as silagens atingirem a temperatura máxima e temperatura máxima. Observou-se elevação nos teores de matéria mineral (2,29% para 10,74%) e redução na FDN (50,72% para 43,40%) em média da forragem fresca *in natura* e queimada quando adicionado a cal. Em relação ao efeito da queima observou-se que houve redução nos teores de MS (35,37% para 28,52%) e FDN (60,70% para 40,74%) devido a eliminação da palha. Avaliando as silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada no momento da abertura observou-se maiores teores de MS (30,20% para 22,48%) e FDN (75,54% para 68,10%) em silagens de cana-de-açúcar *in natura* em relação a queimada, quando utilizada a cal observou-se elevação nos teores de MS de silagens de cana-de-açúcar queimada e redução nos teores de FDN das silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada. Avaliando os parâmetros fermentativos observou-se maiores PG e menores RMS em silagens de cana-de-açúcar queimada, porém quando utilizada a cal observou-se redução nas PG e melhores RMS em silagens de cana-de-açúcar queimada, nas silagens de cana-de-açúcar *in natura* não foi observado efeito positivo na cal nos parâmetros fermentativos. No pós abertura observou-se que as silagens de cana-de-açúcar queimada apresentaram menor estabilidade aeróbia em relação a *in natura*. Quando utilizada a cal observou-se elevação na estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada. Houve efeito da cal tendo ocorrido melhor resultado com 1,5% para cana-de-açúcar queimada e acima de 1,5% para cana-de-açúcar *in natura* para controle da estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: cal virgem, composição química, estabilidade aeróbia, silagem, perdas

1. Introdução

Durante a época seca do ano a produção de forragem entra em declínio, e a cana-de-açúcar é uma alternativa utilizada por vários produtores, já que o seu ponto de maturação coincide com essa época e, por ser uma cultura de fácil cultivo. Porém a utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal requer o corte diário, o que pode dificultar o seu uso, além disso, essa atividade acaba causando a não uniformidade na rebrota do canavial dificultando os tratos culturais pós-colheita.

A ensilagem tem sido utilizada para evitar as operações diárias de corte e transporte da cana-de-açúcar e pode colaborar ainda para o aumento da produtividade e da vida útil dos canaviais pela maior eficiência nos cuidados pós-colheita, como capina e fertilização. Serve ainda para evitar a perda total da forragem em casos de incêndio ou de geadas (PEDROSO et al., 2007).

Mesmo apresentando alta ensilabilidade, a cana-de-açúcar apresenta fermentação alcoólica, devido à ação de leveduras, pois além da capacidade de fermentar açúcares e lactato, produzindo etanol, CO₂ e água, esse grupo de microrganismos compete com as bactérias ácido lácticas por substrato. Além disto, a presença de leveduras na silagem não é desejável, pois estão associadas com deterioração aeróbia após a abertura do silo (BERNARDES et al., 2007).

Vários estudos vêm sendo realizados com uso de aditivos como uréia (SOUSA, et al., 2008; SIQUEIRA et al., 2007 e PEDROSO et al., 2007), soda (SIQUEIRA et al., 2007 e PEDROSO et al., 2007), benzoato de sódio (PEDROSO et al., 2007), aditivos microbianos (SOUSA, et al., 2008 e PEDROSO et al., 2007), cal virgem micropulverizada (óxido de cálcio) (BALIEIRO NETO et al., 2007) entre outros no processo da ensilagem de cana-de-açúcar com o objetivo de diminuir a atividade de leveduras durante a fermentação.

Pelas dificuldades do uso da soda vem sendo estudado como opção de aditivo químico a cal virgem micropulverizada (óxido de cálcio) que tem como objetivo reduzir o conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN) aumentar a

digestibilidade da forragem e controlar a população de leveduras, diminuindo as perdas significativas causadas por esse microrganismo durante o processo de fermentação da cana-de-açúcar.

Objetivou-se com esse estudo avaliar doses de cal virgem micropulverizada na ensilagem da cana-de-açúcar *in natura* e queimada, sobre as características químicas e fermentativas, perdas e a estabilidade aeróbia.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Câmpus de Jaboticabal e no Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana – Colina, SP.

2.1. Ensilagem

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a IAC 86-2480 que apresentava 12 meses de crescimento vegetativo (terceiro corte) e produção média de 80 t/ha no momento da queima. A queima do canavial foi realizada no final da tarde do dia 30 de junho de 2007.

A forragem foi colhida mecanicamente por ensiladeira da marca Menta Mit, modelo ColhiFex, e picada com tamanho de partícula médio de 1 a 2 cm.

Para a confecção dos silos experimentais foram utilizados baldes plásticos com capacidade de 20 L, os quais foram fechados com tampa plástica e lacrados com fita adesiva.

Foram utilizados soquete para a compactação da forragem alcançando a massa específica média de 872 kg de matéria natural por metro cúbico nas silagens de cana-de-açúcar queimada e de 562 kg de matéria natural por metro cúbico nas silagens de cana-de-açúcar *in natura*.

A diluição utilizada para a adição da cal foi na proporção de 4 L de água para cada 1 kg de cal com o objetivo de tratar 100kg de cana-de-açúcar.

Os tratamentos utilizados foram os seguintes:

- 1- Cana-de-açúcar *in natura* sem Cal virgem micropulverizada
- 2- Cana-de-açúcar *in natura* + 0,5% de Cal virgem micropulverizada
- 3- Cana-de-açúcar *in natura* + 1,0% de Cal virgem micropulverizada
- 4- Cana-de-açúcar *in natura* + 1,5% de Cal virgem micropulverizada
- 5- Cana-de-açúcar *in natura* + 2,0% de Cal virgem micropulverizada
- 6- Cana-de-açúcar queimada sem Cal virgem micropulverizada

- 7- Cana-de-açúcar queimada + 0,5% de Cal virgem micropulverizada
- 8- Cana-de-açúcar queimada + 1,0% de Cal virgem micropulverizada
- 9- Cana-de-açúcar queimada + 1,5% de Cal virgem micropulverizada
- 10- Cana-de-açúcar queimada + 2,0% de Cal virgem micropulverizada

2.2. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas

Foi retirada uma amostra da forragem antes da ensilagem e duas da silagem no momento da abertura.

As amostras da forragem fresca e uma das amostras da silagem foram pesadas e levadas para estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas. Após esse período as amostras foram novamente pesadas, moídas em moinho de faca até o tamanho das partículas atingirem 1 mm e armazenadas em potes de plástico.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) segundo os métodos descritos por SILVA & QUEIROZ (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram avaliados pelo método seqüencial segundo as técnicas descritas por ROBERTSON & VAN SOEST (1981). Na determinação da celulose foi utilizado o ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST, 1994), enquanto os teores de lignina foram calculados por diferença entre FDA e celulose.

A outra amostra da silagem foi preparada, segundo a metodologia descrita por KUNG Jr. et al. (1984), para determinação do pH com o uso do potenciômetro.

2.3. Determinações das perdas

Após a confecção dos silos, esses foram pesados e armazenados em temperatura ambiente durante 56 dias, passado esse período os silos foram

novamente pesados antes da abertura para a quantificação de perda por gás, que foi obtida pela equação abaixo.

A determinação da perda por gases foi calculada pela seguinte fórmula:

$$PG = (PSI - PSF) / MSI * 100, \text{ sendo:}$$

PG: produção de gases,

PSI: peso do silo no momento da ensilagem (kg),

PSF: peso do silo no momento da abertura (kg),

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) * % matéria seca)

Para a determinação da variação da matéria seca foi utilizada a seguinte equação para que os valores não fossem negativos:

$$\text{Variação da MS} = \% \text{MS na ensilagem} - \% \text{MS na abertura}$$

Para a determinação da variação da fibra em detergente neutro foi utilizado:

$$\text{Variação da FDN} = \% \text{FDN na abertura} - \% \text{FDN na ensilagem}$$

2.4. Avaliação da estabilidade aeróbia

Após a abertura dos silos uma amostra de silagem foi colocada em baldes plásticos com capacidade de 7 litros e estes foram armazenados em uma sala a temperatura ambiente, para avaliação da estabilidade aeróbia. As temperaturas do ambiente e das silagens no pós-abertura foram lidas a cada 1 hora por meio de equipamento de datalogger espalhados pela sala e inserido no meio da massa. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo gasto em horas, para a massa de forragem elevar em 2°C a temperatura acima daquela do ambiente (KUNG Jr. et al., 1998).

Os somatórios do acúmulo de temperatura diária foi calculado através do somatório da diferença entre a temperatura da massa e do ambiente após cinco e nove dias de exposição aeróbia. Também foi avaliado o tempo em horas gasto

para atingir a maior temperatura da massa e a maior diferença de temperatura entre a massa e o ambiente (O'KIELY, 1999).

Após 3, 6 e 9 dias de exposição ao ar foram retiradas amostras para a medida de pH das silagens.

2.5. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2×5), sendo cana-de-açúcar *in natura* e queimada e 5 doses de Cal virgem micropulverizada, com quatro repetições para cada tratamento. Na estabilidade aerobia, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições utilizando o esquema de parcelas subdivididas, sendo o fator das parcelas as doses de cal e a queima ou não do material e o fator atribuído a subparcela o tempo de exposição ao ar.

Os dados foram analisados pelo PROC REG do programa estatístico SAS (SAS, 1999), a escolha das equações de regressão foi feita com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t.

3. Resultados e discussão

O teor de matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina (Tabela 1) foram maiores na cana-de-açúcar *in natura* em relação a queimada, isso deve-se ao efeito da queima da palha que é rica nessas frações. BERNARDES et al. (2007) também atribuíram ao efeito da queima a redução dos teores dessas frações na cana-de-açúcar queimada em relação à *in natura*.

Em relação aos teores de fibra observou-se redução dessa fração com a adição da cal, pode ter ocorrido hidrólise dos constituintes da parede celular promovendo a redução da fibra. BALIEIRO NETO et al. (2007) avaliando a utilização de cal em silagens de cana-de-açúcar colocam que o óxido de cálcio (cal virgem micropulverizada) pode reduzir os constituintes da parede celular por hidrólise alcalina e observaram que com a utilização do aditivo ocorreu efeito sobre a FDN, reduzindo essa fração.

Tabela 1. Composição bromatológica da cana-de-açúcar *in natura* e queimada antes da ensilagem com doses de cal.

Variáveis	<i>In natura</i>					Queimada				
	Doses de Cal					Doses de Cal				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	0	0,5	1,0	1,5	2,0
MS	35,37	34,80	34,02	32,99	32,84	28,52	27,98	27,90	29,28	29,43
MM	2,82	4,28	6,48	9,63	11,75	1,75	4,65	7,39	10,64	9,72
PB	3,48	3,45	3,40	2,92	2,92	2,92	2,60	2,34	2,53	2,62
FDN	60,70	61,42	57,29	53,18	47,08	40,74	37,95	36,52	39,27	39,72
FDA	32,92	33,58	31,68	29,94	26,78	24,55	23,29	22,82	24,03	23,35
LIG	4,70	5,45	4,61	4,74	4,63	2,72	2,60	2,58	2,76	2,74

MS: matéria seca (%), MM: matéria mineral (%MS), PB: proteína bruta (%MS), FDN: fibra em detergente neutro (%MS), FDA: fibra em detergente ácido (%MS), LIG: lignina (%MS)

Os teores de matéria mineral foram mais elevados conforme o aumento na dose de cal, tanto na cana-de-açúcar queimada como *in natura*, pois o aditivo contém elevados teores de matéria mineral. SANTOS et al. (2008) também

observaram aumentos significativos nos teores de cinza na cana-de-açúcar aditivadas com doses de óxido de cálcio e carbonato de cálcio (2, 84 e 1,79 pontos percentuais).

Na Tabela 2 estão apresentadas as equações de regressão e coeficientes de determinação das variáveis analisadas nesse estudo.

Tabela 2. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2) de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensilada com diferentes doses de cal.

Variáveis	<i>In natura</i>		Queimada	
	Equação	R^2	Equação	R^2
RMS	$Y = 86,97 + 2,09x - 4,23x^2$	0,68	$Y = 74,45 + 23,72x - 10,16x^2$	0,60
PG	$Y = 9,59 + 1,91x + 0,52x^2$	0,70	$Y = 16,18 - 15,76x + 6,54x^2$	0,84
VMS	$Y = 3,69$	-	$Y = 5,86 - 6,50x + 2,59x^2$	0,31
VFDN	$Y = 13,04$	-	$Y = 26,78 - 31,43x + 10,39x^2$	0,90
pH	$Y = 3,34 + 0,60x + 0,42x^2$	0,96	$Y = 3,27 + 0,99x - 0,16x^2$	0,96
MS	$Y = 32,28 - 1,96x$	0,21	$Y = 22,55 + 5,50x - 1,77x^2$	0,40
MM	$Y = 3,34 + 2,20x + 1,64x^2$	0,99	$Y = 2,29 + 4,66x - 0,05x^2$	0,95
PB	$Y = 4,22 - 0,22x$	0,21	$Y = 4,29 - 2,02x + 0,76x^2$	0,95
FDN	$Y = 74,04 - 2,73x - 1,55x^2$	0,75	$Y = 67,29 - 37,67x + 13,43x^2$	0,92
FDA	$Y = 40,49$	-	$Y = 41,87 - 22,59x + 8,85x^2$	0,88
LIG	$Y = 4,99$	-	$Y = 8,17 - 9,24x + 3,75x^2$	0,47
ADITE5	$Y = 17,01 - 23,53x + 7,06x^2$	0,82	$Y = 32,59 - 33,61x + 6,39x^2$	0,89
ADITE9	$Y = 25,08 - 20,82x + 3,13x^2$	0,57	$Y = 61,98 - 63,42x + 15,96x^2$	0,86
EST	$Y = 61,40 + 109,80x - 14,00x^2$	0,83	$Y = 20,56 + 114,68x - 18,48x^2$	0,73
TTM	$Y = 113,60$	-	$Y = 36,02 + 100,19x - 12,76x^2$	0,80
TM	$Y = 13,18 - 8,59x + 1,14x^2$	0,76	$Y = 15,01 - 10,82x + 2,94x^2$	0,59

RMS: recuperação de matéria seca (%MS), PG: produção de gás (%MS), VMS: variação da matéria seca, VFDN: variação da fibra em detergente neutro, MS: matéria seca (%), MM: matéria mineral (%MS), PB: proteína bruta (%MS), FDN: fibra em detergente neutro (%MS), FDA: fibra em detergente ácido (%MS), LIG: lignina (%MS), ADITE 5 e 9: somatório do acúmulo de temperatura diária em 5 e 9 dias de exposição aeróbia, respectivamente (°C), EST:estabilidade aeróbia (°C), TTM: tempo para a maior temperatura da massa (horas), TM: maior diferença de temperatura entre a massa e o ambiente (°C)

A silagem de cana-de-açúcar queimada sem adição de cal apresentou menor recuperação de matéria seca em relação a *in natura* (Figura 1A),

possivelmente, devido a menor concentração da fração fibrosa e aumento na fração facilmente fermentável, aumentando a atividade de microrganismos durante a fermentação. Ao contrario do presente estudo SIQUEIRA et al. (2009) avaliando utilização de aditivos em silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada, observaram em média recuperações de matéria seca superiores em silagens de cana-de-açúcar queimada em relação a *in natura*.

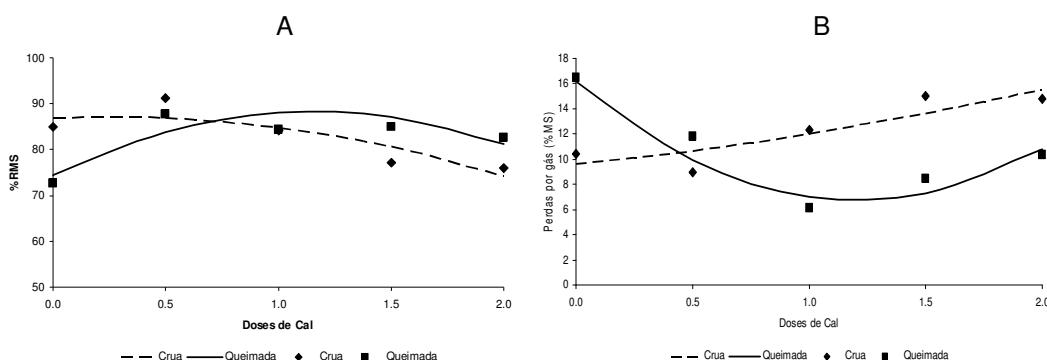


Figura 1. Recuperação de matéria seca (A) após a fermentação e perdas por gás (B) durante a fermentação de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensilada com diferentes doses de cal.

O efeito da adição de cal foi maior na silagem de cana-de-açúcar queimada, onde a maior recuperação de matéria seca foi constatada com a dose de 1,2% de cal. Em estudo, avaliando a adição de doses óxido de cálcio no processo de ensilagem de cana-de-açúcar *in natura* BALIEIRO NETO et al. (2007), observam que as silagens em que ocorreram as menores perdas de matéria seca digestível foi nas tratadas com 2% de cal (88,76%) em relação as demais estudadas 0; 0,5 e 1% que foram de 75,12; 74,08 e 76,55%, respectivamente.

Avaliando a adição de doses de hidróxido de sódio em silagens de cana-de-açúcar *in natura* PEDROSO et al. (2007) observaram que a menor perda total de MS foi com a dose de 1% (8,91%) quando comparada as demais doses de 0; 2 e 3% (18,12; 11,7 e 12,1%).

A perda por gás (Figura 1B) foi maior na silagem de cana-de-açúcar queimada sem a adição da cal, isso provavelmente devido a maior concentração

de açúcares, fração facilmente fermentável por leveduras, aumentando a atividade desses microrganismos. SIQUEIRA et al. (2009) avaliando aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar *in natura* e queimada não observaram diferença estatística nas perdas por gases quando comparada a silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada sem aditivos (15,9 e 18,1%), os valores observados por esses autores são superiores aos observado no presente estudo.

Quando se utilizou a cal às perdas de matéria seca foram menores nas silagens de cana-de-açúcar queimada na dose de 1,2%, porém a adição de cal nas silagens de cana-de-açúcar *in natura* não mostrou eficiência no controle das perdas por gás.

Em decorrência da alta concentração de açúcares solúveis e de microrganismos indesejáveis, as perdas fermentativas em silagens de cana-de-açúcar podem ser elevadas (SANTOS, et al., 2008). Os mesmos autores avaliando a adição de óxido de cálcio e carbonato de cálcio em silagens de cana-de-açúcar observaram menores perdas por gás e maiores recuperações de matéria seca quando utilizados os aditivos, sendo a dose de 1,5% de CaO a mais eficiente no controle das perdas (14,16% de perdas por gás e 84,11% de recuperação de MS).

A variação de matéria seca e da fibra em detergente neutro (Figura 2A e B) são avaliações que mostram o consumo de matéria seca e do conteúdo celular pela atividade de microrganismos durante a fermentação, principalmente leveduras no caso de silagens de cana-de-açúcar.

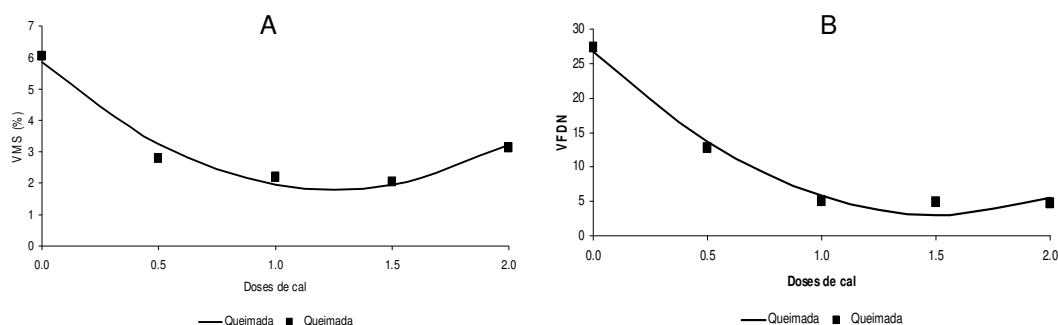


Figura 2. Variação da matéria seca (A) e da fibra em detergente neutro (B) de silagens de cana-de-açúcar queimada ensiladas com diferentes doses de cal.

Observa-se que a utilização da cal em silagens de cana-de-açúcar queimada foi eficiente no controle da atividade dos microrganismos durante a fermentação. As menores variações da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de cana-de-açúcar queimada foram obtidas com 1,3% e 1,5% de cal, respectivamente, demonstrando redução da atividade de leveduras com a dose de 1,5%.

Os maiores valores de pH (Figura 3) nas silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada aditivadas com cal podem em função do produto ser alcalino, outros autores avaliando o mesmo aditivo também observaram elevação nos valores de pH de silagens de cana-de-açúcar (BALIEIRO NETO et al., 2007 e SANTOS et al., 2008).

Avaliando a utilização de óxido de cálcio na ensilagem de cana-de-açúcar *in natura*, SANTOS et al. (2008), observaram maiores valores de pH nas silagens com 1 e 1,5% (4,09 e 4,46) em relação a silagem sem aditivo (3,46). E também observaram maiores concentrações de ácido lático nas silagens com maiores valores de pH, os autores justificam que o aditivo tem uma ação tamponante sobre os ácidos produzidos durante a fermentação, dificultando a redução dos valores de pH. Também colocam que o tamponamento dos ácidos produzidos pela fermentação serve de estímulo para a maior intensidade da conversão dos açúcares solúveis em ácido lático, aumentando a concentração desse produto final e evitando a produção de etanol.

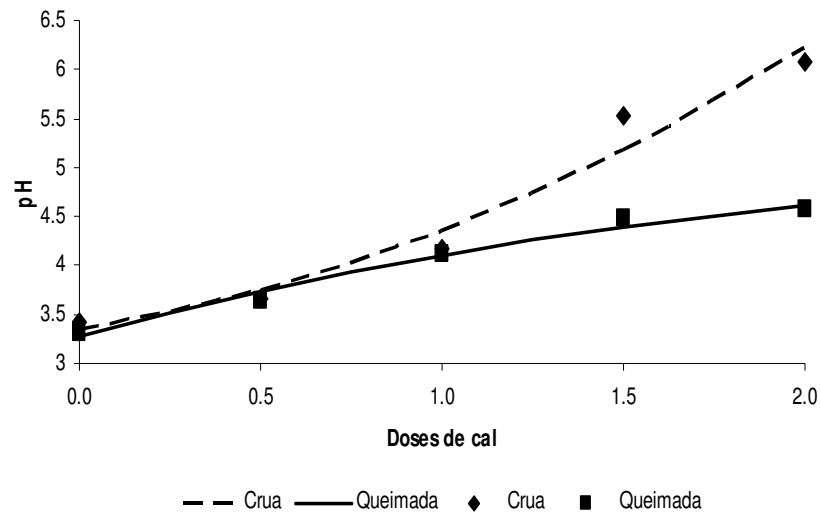


Figura 3. Valores de pH de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensiladas com diferentes doses de cal.

Os teores de matéria seca das silagens de cana-de-açúcar queimada foram sempre inferiores aos das silagens de cana-de-açúcar *in natura* (Figura 4A), isso ocorreu, pois a forragem fresca já apresentava menores teores de matéria seca no momento da ensilagem, devido à queima, que elimina a palha reduzindo a matéria seca da forragem. BERNARDES et al. (2007) observaram declínio nos teores de matéria seca de silagens de cana-de-açúcar queimada em relação a *in natura* e relacionam esse decréscimo a queima de palha, pois esse componente possui elevado teor de matéria seca.

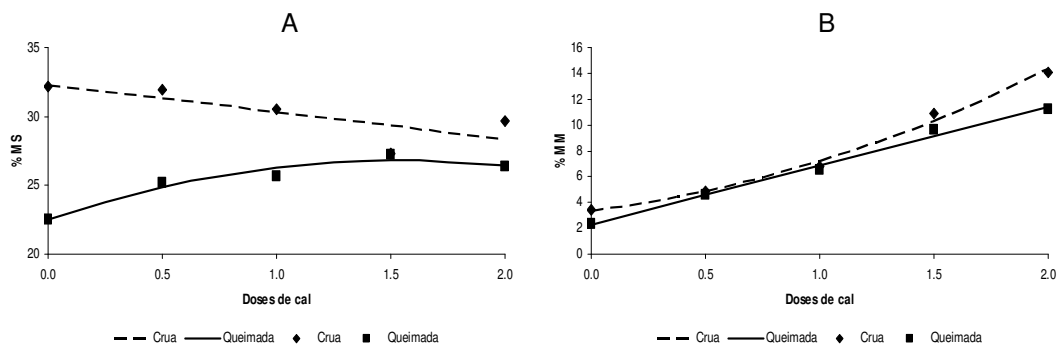


Figura 4. Matéria seca (A) e mineral (B) no momento da abertura de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada com diferentes doses de cal.

Em todos os tratamentos houve redução nos teores de MS em relação a forragem fresca esse fato pode ser em função ao consumo de carboidratos durante a fermentação. BERNARDES et al. (2007) avaliando silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada observaram redução nos teores de matéria seca de 21,4 e 26%, em relação a forragem fresca, respectivamente.

Portanto a redução nos teores de matéria seca pode indicar a atividade de microrganismos durante a fermentação, no presente trabalho observou-se que a cal foi eficiente no controle dos microrganismos no processo fermentativo de silagens de cana-de-açúcar queimada, devido a maiores teores de matéria seca nas silagens aditivadas em relação a silagem controle.

Em silagens de cana-de-açúcar queimada, o maior teor de matéria seca observado foi na dose de 1,5%, demonstrando que essa dose seria eficiente na redução das perdas fermentativas de silagens de cana-de-açúcar queimada.

A utilização de cal na ensilagem de cana-de-açúcar *in natura* e queima promoveu aumento nos teores de matéria mineral (Figura 4A). Outros autores também observaram elevação no teor de cinzas de silagens de cana-de-açúcar utilizando aditivos químicos como óxido de cálcio, carbonato de cálcio e hidróxido de sódio (PEDROSO et al., 2007; SANTOS et al., 2008).

Em todos os tratamentos os teores de FDN foram maiores nas silagens em relação a forragem fresca (Tabela 1 e Figura 5A), isso aconteceu devido a atividade de microrganismos durante a fermentação, que consomem o conteúdo celular ocasionando elevação na concentração da fração fibrosa (BERNARDES et al., 2007).

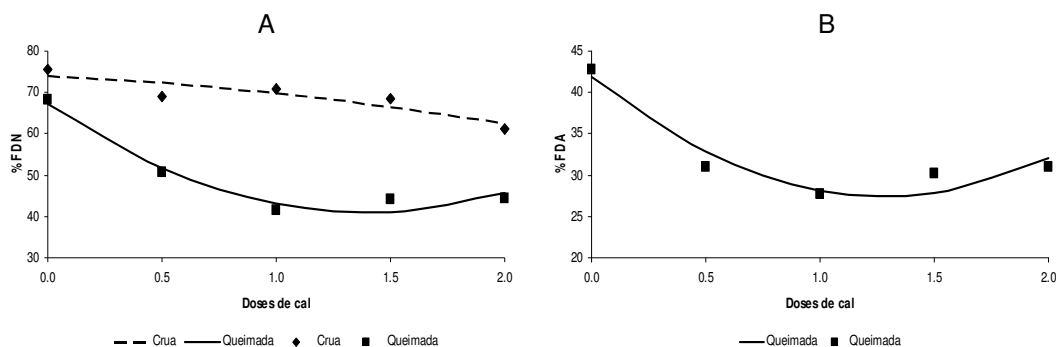


Figura 5. Fibra em detergente neutro (A) e fibra em detergente ácido (B) no momento da abertura de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada com diferentes doses de cal.

Quando utilizada a cal na ensilagem de cana-de-açúcar *in natura* e queimada, os teores de FDN foram inferiores aos das silagens sem a utilização do aditivo. Neste estudo, não pode-se atribuir o fato de menores teores de FDN estarem relacionados somente com a redução do consumo de conteúdo celular durante a fermentação, pois o tratamento com a cal demonstrou rápida ação sobre a fração fibrosa da forragem reduzindo os seus teores antes da ensilagem (Tabela 1), esse rápido efeito também foi constatado por BALIEIRO NETO et al. (2007) e SIQUEIRA et al. (2007). Isso indica a importância de se avaliar a variação dos teores de fibra antes e após a ensilagem, conforme foi mostrado na Figura 2B.

O menor teor de FDN observado foi quando utilizou-se a dose de 1,4% em silagens de cana-de-açúcar queimada, essa dose está próxima a que obteve-se a menor variação dessa fração que foi de 1,5%, indicando que possivelmente essa foi a dose efetiva no controle do consumo do conteúdo celular.

Em silagens de cana-de-açúcar *in natura*, o aumento nas doses de cal propiciou redução nos teores de FDN, porém como citado anteriormente deve-se observar que antes da ensilagem a forragem fresca, com adição crescente doses de cal, já apresentava teores reduzidos de FDN. Portanto as variações de FDN foram de 14,84; 7,48; 13,57; 15,18 e 14,15 unidades percentuais para silagens de cana-de-açúcar *in natura* com 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% de cal, mostrando que a dose de 0,5% obteve-se melhor eficiência no controle da atividade dos microrganismos no consumo do conteúdo celular.

As variações de FDN do presente estudo diferem das observadas por BALIEIRO NETO et al. (2007) que foram de 7,86; 9,06; 9,23 e 4,11 unidades percentuais, respectivamente, para silagens de cana-de-açúcar *in natura* com 0; 0,5; 1,0 e 2,0% de cal, os autores sugeriram que o nível de 2% pode ter efeito em reduzir o consumo de carboidratos solúveis.

Avaliando a adição de 1,0 e 1,5% de óxido de cálcio na ensilagem de cana-de-açúcar *in natura*, SANTOS et al. (2008) não observaram elevadas alterações nos teores de FDN na forragem fresca quando utilizado a cal (52,93; 50,75 e 51,76%), no momento da abertura os teores de FDN foram de 67,10; 52,56 e 54,83%, respectivamente, em silagens com 0; 1,0 e 1,5% de cal, observando menores teores e variações na dose de 1,0% de cal.

Observou-se elevação nos teores de FDA (Figura 5B) nas silagens em relação a forragem fresca. Nas silagens de cana-de-açúcar queimada o menor teor observado foi com a dose de 1,5%, mesmo valor onde a variação entre a silagem e a forragem fresca foi o menor (3,9 unidades percentuais).

A elevação nos teores das frações fibrosas das silagens quando comparadas com a forragem fresca, também foram relatadas por BERNARDES et al. (2007) avaliando silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada, os autores relacionam esse fato ao elevado consumo de açúcares solúveis pelas leveduras durante a fermentação, acarretando aumento proporcional nos teores da fração fibrosa.

Os teores de PB nas silagens de cana-de-açúcar queimada foram menores quando comparados as silagens de cana-de-açúcar *in natura* (Figura 6A), na forragem fresca os teores de PB também eram maiores na cana-de-açúcar *in natura*. Quando comparados os teores de PB na forragem fresca com as silagens observa-se que ocorreram elevações nessa fração, outros autores também observaram esse comportamento, e atribuem esse fato a concentração dessa fração devido ao consumo de carboidratos solúveis e não a síntese de proteína durante a fermentação (SIQUEIRA et al. 2007; BALIEIRO NETO et al. 2007).

Os teores de lignina tanto das silagens de cana-de-açúcar queimada como *in natura* foram superiores quando comparados com a forragem fresca (Tabela 1 e Figura 6B), a elevação nos teores de lignina podem ser relacionadas com o maior consumo do conteúdo celular. A dose onde foi observado o menor teor de lignina em silagens de cana-de-açúcar queimada foi 1,2%.

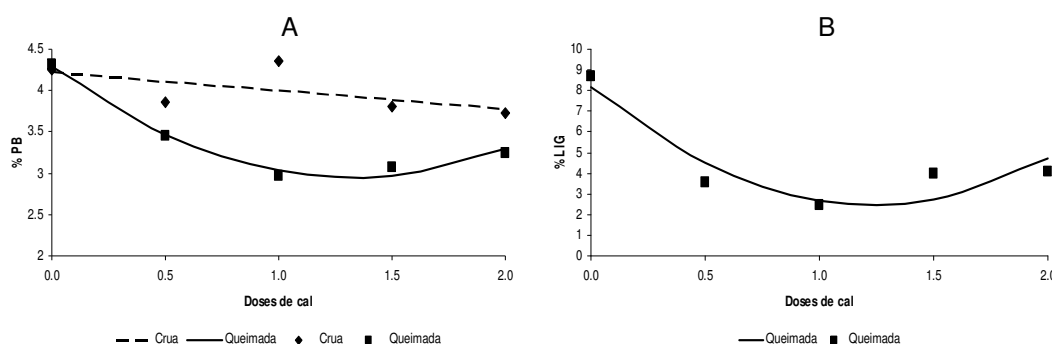


Figura 6. Proteína bruta (A) e lignina (B) no momento da abertura de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada com diferentes doses de cal.

O monitoramento da temperatura das silagens após a abertura dos silos, durante a exposição aeróbia, pode indicar de maneira indireta a atividade de microrganismos (Figura 7). Esse parâmetro pode indicar a intensidade da instabilidade da massa, quanto maior este valor, mais intensa a instabilidade da massa, maior o aquecimento e o tempo que a massa permaneceu aquecida.

Com cinco dias de exposição aeróbia a dose de 1,5% e 2,0% foram mais eficientes nas silagens de cana-de-açúcar queimada em relação a *in natura*, pois o somatório do acúmulo de temperatura foi menor indicando maior estabilidade aeróbia dessas silagens.

Pode ser observado que até cinco dias de exposição aeróbia as temperaturas das silagens de cana-de-açúcar, *in natura* e queimada com as doses de 1,5 e 2,0% de cal, foram inferiores a do ambiente, indicando indiretamente redução na atividade de leveduras, mostrando o efeito positivo da cal sobre o controle de leveduras durante a exposição aeróbia.

SANTOS (2007), avaliando o efeito de diferentes aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar, observou que a cal reduziu de forma significativa o somatório do acúmulo de temperatura diária em cinco dias de exposição aeróbia de 528,6°C em silagens, não aditivadas, para 4,0 e 4,6°C em silagens com 1,0 e 1,5% de cal.

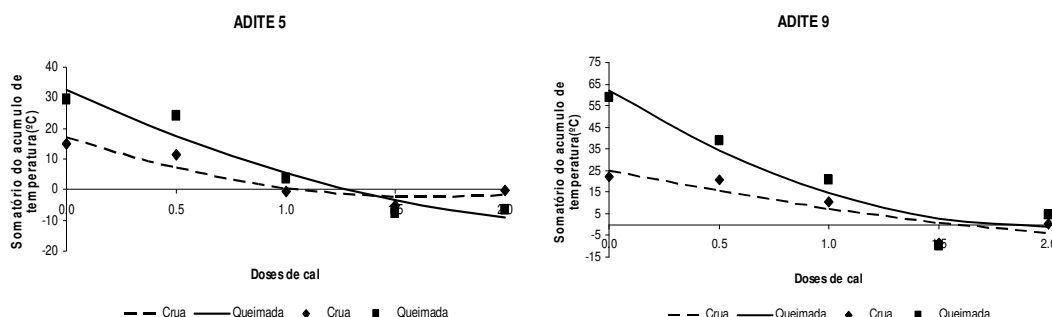


Figura 7. Somatório do acúmulo de temperatura diária com 5 (A) e 9 (B) dias de exposição aeróbia de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensilada com diferentes doses de cal.

Ao avaliar nove dias de exposição aeróbia as silagens de cana-de-açúcar queimada, na sua maioria, apresentaram valores superiores do acúmulo de temperatura, indicando maior instabilidade da massa em relação as silagens de cana-de-açúcar *in natura*. Esse fato pode ter ocorrido, pois as silagens de cana-de-açúcar queimada, apresentam maiores teores de frações facilmente degradáveis aumentando assim a atividade de microrganismos durante a exposição aeróbia.

Analisando dez dias de exposição aeróbia de silagens de cana-de-açúcar *in natura* com diferentes aditivos, SANTOS (2007) constatou que a dose de 1,5% de cal foi a mais efetiva no controle do aquecimento da massa, sendo esse acúmulo igual a 6,0°C inferior ao da silagem controle que foi de 1255°C.

Quando avaliado o tempo necessário para a quebra da estabilidade aeróbia (Figura 8) as silagens de cana-de-açúcar *in natura* foram superiores a queimada, possivelmente devido a maior concentração de açúcares nas silagens de cana-de-açúcar que sofreu a ação do fogo reduzindo a quantidade de palha elevando a concentração da fração facilmente degradada conservada durante a

ensilagem. Ao contrario do presente estudo, SIQUEIRA et al. (2009), observaram maiores tempos para a quebra da estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar *in natura* em relação a queimada (32 e 100 horas), os autores atribuem esse fato a possível redução da população de microrganismos após a queima, conseqüentemente o tempo necessário para a população de leveduras das silagens de cana-de-açúcar queimada equiparar-se à das silagens de cana-de-açúcar *in natura* foi maior, inferindo em maior tempo de estabilidade aeróbia.

A cal mostrou-se eficiente na elevação do tempo necessário para a quebra da estabilidade aeróbia, tanto em silagens de cana-de-açúcar queimada como *in natura*. As doses onde foram atingidos os maiores tempos para a quebra da estabilidade aeróbia seriam 3,2% e 3,1% de cal em silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada, respectivamente.

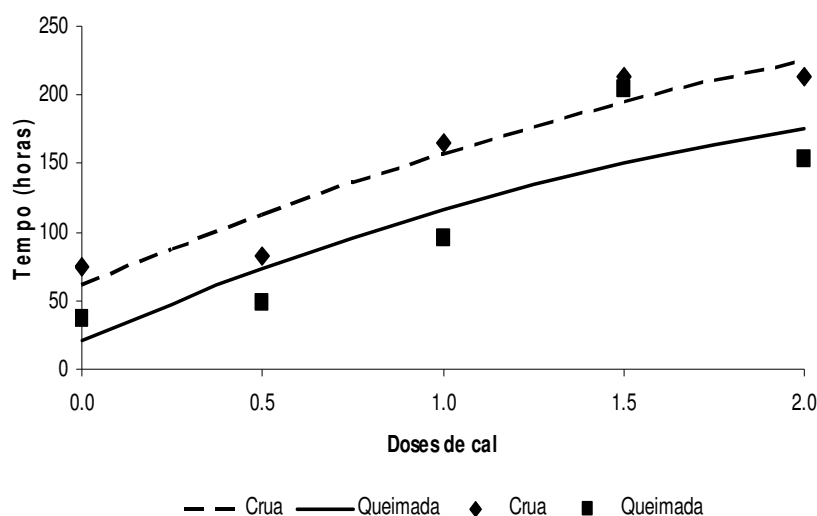


Figura 8. Tempo em horas gasto para elevação em 2º C da temperatura da massa em relação à temperatura ambiente de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensilada com diferentes doses de cal.

Outros estudos têm constatado a eficiência da cal no controle da estabilidade aeróbia, SANTOS (2007) avaliando o uso de doses aditivo em silagens de cana-de-açúcar *in natura*, observou valores de 40; 131 e 240 horas nas silagens de cana-de-açúcar sem aditivo, com 1,0 e 1,5% de cal,

respectivamente. DOMINGUES et al. (2006) avaliando doses de cal virgem microprocessada e tempos de armazenamento de cana-de-açúcar *in natura* observaram efeito significativo nas doses de cal sendo que o tratamento sem cal apresentou a quebra da estabilidade no menor intervalo de tempo (16 horas), quando comparada às doses 1,0 (24,0 h); 1,5 (34,7 h) e 2,0% (32,0 h).

O tempo gasto para atingir a maior temperatura (Figura 9A) elevou-se com o aumento da dose de cal utilizada em silagens de cana-de-açúcar queimada, possivelmente a cal controlou a atividade de microrganismos aeróbios na deterioração das silagens no pós abertura.

As maiores diferenças de temperatura (Figura 9B) entre a massa de forragem e o ambiente foram observadas nas silagens de cana-de-açúcar queimada em relação à silagem de cana-de-açúcar *in natura* independente da dose de cal utilizada, isso mostra que as silagens de cana-de-açúcar queimada aqueceram mais do que a silagem de cana-de-açúcar *in natura*, indicando indiretamente maior atividade de microrganismos aeróbios nas massas de forragem mais aquecidas.

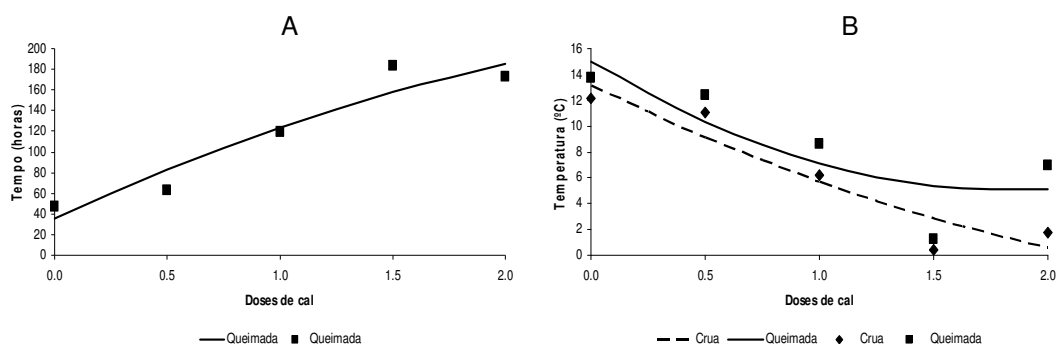


Figura 9. Tempo em horas gasto para atingir a maior temperatura (A) e maior diferença de temperatura entre a massa e o ambiente (B) de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensilada com diferentes doses de cal.

Com a adição da cal nas silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada houve redução no valor da maior diferença de temperatura entre a massa e o ambiente, demonstrando que quando utilizada a cal o aquecimento da massa de forragem durante a exposição aeróbia foi reduzido. Outros autores também

observaram menores aquecimentos quando utilizada a cal na ensilagem e armazenamento *in natura* de cana-de-açúcar, DOMINGUES et al. (2006) observaram temperaturas máximas menores no armazenamento, em diferentes tempos, de cana-de-açúcar *in natura* picada quando utilizada as doses de 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% de cal (45,0; 41,3; 38,7; 35,7 e 35,0 °C). SANTOS (2007) avaliando a adição de 1,0 e 1,5% de cal em silagens de cana-de-açúcar obtiveram redução nas temperaturas máximas, sendo os valores observados 41,5; 40,8 e 26,3 °C para silagem de cana-de-açúcar sem cal, com 1,0 e 1,5% de cal, respectivamente.

A avaliação dos valores pH durante a exposição aeróbia também é uma forma de avaliar indiretamente a atividade dos microrganismos aeróbios. Segundo McDONALD et al. (1991) o metabolismo do ácido láctico pelos microrganismos aeróbios resulta em elevação do pH.

Tabela 2. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2) de valores de pH de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensilada com diferentes doses de cal.

Doses de cal (%)	<i>In natura</i>		Queimada	
	Equação	R^2	Equação	R^2
0,0	$Y = 3,36 - 0,07x + 0,05x^2$	0,96	$Y = 3,28 - 0,07x + 0,05x^2$	0,90
0,5	$Y = 3,37 + 0,33x + 0,02x^2$	0,84	$Y = 3,31 + 0,72x - 0,02x^2$	0,86
1,0	$Y = 4,57$	-	$Y = 3,83 + 0,33x + 0,02x^2$	0,84
1,5	$Y = 5,53 + 0,09x - 0,01x^2$	0,74	$Y = 4,63$	-
2,0	$Y = 6,22$	-	$Y = 4,66 - 0,26x + 0,06x^2$	0,60

A dose de 1,5% apresentou estabilidade nos valores de pH (Figura 10) até o 9º dia de exposição aeróbia. SANTOS (2007) observou valores de pH estáveis durante 10 dias de exposição aeróbia de silagens de cana-de-açúcar *in natura* com adição de 1,5% de cal, sendo o valor médio observado de 4,45. O mesmo autor coloca que silagens instáveis durante a exposição aeróbia apresentaram elevado desaparecimento de frações orgânicas solúveis

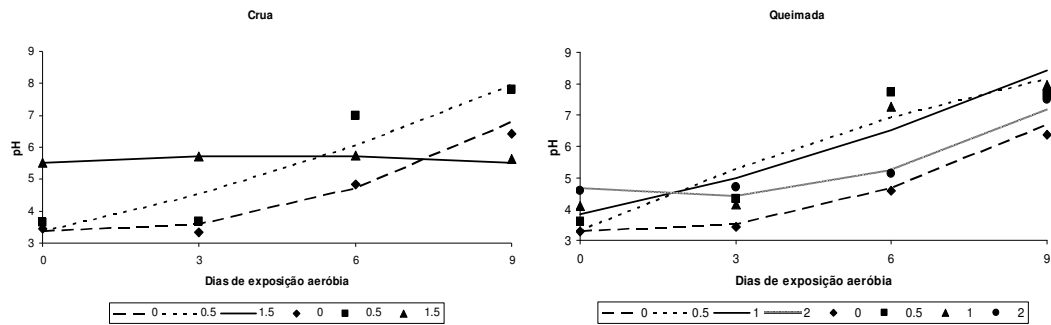


Figura 10. Valores de pH em diferentes dias de exposição aeróbia de silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada ensilada com diferentes doses de cal.

Em relação silagens de cana-de-açúcar queimada observou-se maiores elevações nos valores de pH, essas também foram as silagens que apresentaram menores estabilidade aeróbia e maior aquecimento da massa (Figura 8 e 9B). Sendo a dose de 1,5% a que apresentou valores mais estáveis de pH, em média de 4,63. BALIEIRO NETO et al. (2005), avaliando o pós-abertura de silagens de cana-de-açúcar com doses de óxido de cálcio, observaram que com o aumento da dose utilizada houve aumento na estabilidade dos valores de pH até nove dias de exposição aeróbia, os autores também colocam e a elevação e instabilidade dos valores de pH indicam a deterioração reduzindo a estabilidade aeróbia das silagens.

4. Conclusão

A dose de 1,5% de cal apresentou os melhores resultados durante o processo fermentativo de silagem de cana-de-açúcar queimada. Para o controle de estabilidade aeróbia de silagem de cana-de-açúcar *in natura* a dose de 1,5% foi a que apresentou melhores resultados.

5. Referências Bibliográficas

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R. al. Pós-abertura de silagem de cana-de-açúcar cv. IAC 86-2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais ...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005 (CD-ROM).

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. et al. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1231-1239, 2007.

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.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R. et al. Efeito das doses de cal (CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbia e dinâmica de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais ...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006 (CD-ROM).

KUNG Jr., L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. Added ammonia or microbial inoculant for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. *Journal of Dairy Science*, v.67, p.299-306, 1984.

KUNG Jr., L.; SHEPERD, A.C.; SMAGALA, A.M. et al. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.5, p.1322-1330, 1998.

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

O'KIELY, P. **Maximizing output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems**. Dunsany: Grange Research Centre, 1999. 64p. (Beef Production Series, 10).

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. 556-564, 2007.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W. P. T.; THEANDER, O. (Ed.) **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981, p.123-158.

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 113p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. 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, n. 9, p.1555-1563, 2008.

SAS INSTITUTE. **The SAS system for Windiws**: version: 8.2 (CD ROM). Cary: SAS Institute, 1999.

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

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.4, p.789-798, 2007.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. prelo, 2009.

SOUSA, D.P; MATTOS, W.R.S.; NUSSIO, L.G. et al. Efeito de aditivo químico e inoculantes microbianos na fermentação e no controle da produção de álcool em silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.9, p.1564-1572, 2008.