

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**HIDRÓXIDO DE CÁLCIO (Ca(OH)_2) E BACTÉRIAS
HETEROFERMENTATIVAS COMO ADITIVOS EM
SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum
officinarum* L.) PARA ALIMENTAÇÃO DE
RUMINANTES**

Renata de Freitas Ferreira Mohallem

Médica Veterinária

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS – BRASIL
Dezembro-2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**HIDRÓXIDO DE CÁLCIO (Ca(OH)₂) E BACTÉRIAS
HETEROFERMENTATIVAS COMO ADITIVOS EM
SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum
officinarum* L.) PARA ALIMENTAÇÃO DE
RUMINANTES**

Renata de Freitas Ferreira Mohallem

Orientador: Prof. Dr. Edmundo Benedetti

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária – UFU, como parte das exigências à obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias (Produção Animal).

**UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS - BRASIL
Dezembro-2009**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- M697h Mohallem, Renata de Freitas Ferreira, 1981-
Hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) e bactérias heterofermentativas como aditivos em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) para alimentação de ruminantes [manuscrito] / Renata de Freitas Ferreira Mohallem. 2010.
75 f.
Orientador: Edmundo Benedetti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.
Inclui bibliografia.
1. Ruminante - Nutrição - Teses. 2. Ruminante - Alimentação e rações - Teses. I. Benedetti, Edmundo. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 636.2/.3.085

A meus pais, Regina e Ulysses,
que sempre lutaram por minha formação,
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda saúde que tenho, e por proporcionar minha convivência com pessoas muito especiais, minha família e amigos.

À Calcinação Nossa Senhora da Guia Ltda, por acreditar no nosso trabalho e pelo patrocínio, de suma importância para realização deste. Obrigado em especial ao Dr. Sebastião, sempre atencioso e interessado nos avanços da pesquisa.

Ao CNPq por ter concedido a bolsa de estudos.

À Katec-Lallemand, pelos inoculantes cedidos.

Ao querido orientador Prof. Dr. Edmundo Benedetti, pelos ensinamentos, pela oportunidade de conhecer a docência, a enorme paciência e por acreditar sempre no meu trabalho. Também pela amizade dedicada a mim e a minha família.

Ao Vinicius Borges, co-orientado, companheiro de trabalho. Obrigado pela ajuda.

Ao amigo Hugney, do Laboratório de Nutrição Animal da FAMEV-UFU, pela colaboração importantíssima nas análises, nos esclarecimentos das técnicas, na paciência com os prazos.

Aos funcionários da Fazenda Aprazível, que colaboraram muito no trabalho de campo.

As amigas de caminhada Jana e Alessa, que mesmo sem entender nada do assunto, sempre me davam uma força e ótimos momentos de descontração.

À Ana Banana, pela presença na minha vida, obrigado por me auxiliar com minhas inúmeras dúvidas de tudo, e me proporcionando muitas risadas.

Agradeço também a Patrícia, pela imensa ajuda com a Fernanda, nas minhas tarefas do lar, pela acolhida e carinho desprendido a mim.

A Jú, pelas incansáveis horas com a Fernandinha e pela amizade a mim concedida.

A Bebel pela amizade, carinho e aquela ajudinha com o abstract.

Ao Rafael, por realizar minhas tarefas na fazenda quando eu não podia ir.

À minha mãe Regina, pelo cuidado diário com a Fernandinha, por me ajudar em tudo para permitir este sonho meu. Obrigado pela educação, pelos

valores, pela pessoa que me tornei. Por nunca deixar eu desistir desta tese, mesmo em todos os momentos difíceis.

Ao meu pai Ulysses, por toda a confiança no meu trabalho, na fazenda e no mestrado, pela calma e paciência comigo, pelas palavras de sobriedade que sempre vinham nos momentos de maior tensão.

A família que constitui, Fernanda e Daniel. Obrigado Fernandinha por você existir e ter me tornado mãe, pelo seu sorriso lindo e seu carinho incondicional. Daniel Tainha, obrigado por você ser meu verdadeiro companheiro, pelo amor a mim dedicado, pelo apoio em todas as fases deste trabalho. Pela paciência e atenção desprendidas nas correções e no trabalho de campo (mesmo este sendo nas suas férias).

A todos vocês meu sincero obrigado.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1- Introdução.....	1
2- Cana-de-açúcar no Brasil e suas características.....	3
3- Ensilagem da cana-de-açúcar.....	7
4- Agentes químicos	12
4.1- Óxido ou hidróxido de cálcio como aditivo químico em silagens de cana- de açúcar.....	15
5- Bactérias heterofermentativas como aditivo biológico	18
6- Objetivos gerais.....	28
REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO 2 - HIDRÓXIDO DE CÁLCIO (CA (OH)₂) E BACTÉRIAS HETEROFERMENTATIVAS COMO ADITIVOS EM SILAGENS DE CANA-DE- AÇÚCAR (SACCHARUM OFFICINARUM L.) E SEUS EFEITOS SOBRE A COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DINÂMICA FERMENTATIVA	41
Resumo.....	42
Abstract.....	43
1- Introdução.....	44
2- Material e Métodos.....	45
2.1- Avaliação químico bromatológica.....	48
2.2- Recuperação de Matéria Seca.....	48
2.3- Determinações do pH, AGV's, etanol e ácido láctico, N-amoniaco e DIVMS.....	49
2.4- Análise estatística.....	49
3- Resultados e Discussão.....	50
3.1- Composição químico bromatológica e valor nutritivo das silagens...	50
3.2- Perfil fermentativo das silagens.....	60
4- Conclusões.....	66
REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS

ACE – Ácido acético
AGV – Ácidos graxos voláteis
 Al_2O_3 – Óxido de alumínio
BUT – Ácido butírico
Ca – Cálcio
CaO – Óxido de cálcio ou cal virgem
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Hidróxido de cálcio ou cal hidratada
CEL – Celulose
CHO's – Carboidratos solúveis
CNF – Carboidratos não fibrosos
 CO_2 – Dióxido de carbono, ou gás carbônico
DIVFDA – Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente ácido
DIVFDN – Digestibilidade *in vitro* fibra em detergente neutro
DIVL – Digestibilidade *in vitro* da lignina
DIVMS – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca
EE – Extrato etéreo
ETA – Etanol
FDA – Fibra em detergente ácido
FDN – Fibra em detergente neutro
 Fe_2O_3 – Óxido de Ferro
h – Horas
 H_2O – Água
HEM – Hemicelulose
Kg – Quilograma
LAT – Ácido láctico
LIG – Lignina
MgO – Óxido de magnésio
 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – Hidróxido de magnésio
MM – Matéria mineral
Mn – Manganês

MO – Matéria orgânica
MS – Matéria seca
MV – Massa verde
NDT – Nutrientes digestíveis totais
N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal
NT – Nitrogênio total
P – Fósforo
PB – Proteína bruta
Pen – Peneira
PIDA – Proteína insolúvel em detergente neutro
PROP – Ácido propiônico
RMS – Recuperação de matéria seca
S – Enxofre
SiO₂ – Óxido de silício
t – Tonelada
ufc – Unidade formadora de colônia

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Composição bromatológica média da cana-de-açúcar – Página 6.

TABELA 2 - Composição químico-bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar em três idades, no primeiro corte – Página 7.

TABELA 3 - Níveis de garantia da cal virgem e cal hidratada – Página 14.

TABELA 4 - Níveis de garantia do hidróxido de cálcio utilizado – Página 47.

TABELA 5 - Composição química da cana-de-açúcar in natura IAC 862480, utilizada na silagem (base seca) – Página 50.

TABELA 6. Teores de matéria seca (MS%) antes da ensilagem e após abertura dos silos em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar – Página 51.

TABELA 7- Valor de PB, MM, Ca e P das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca) – Página 53.

TABELA 8- Valores de FDA, FDN, LIG, CEL e HEM das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca) – Página 55.

TABELA 9- Valores de NDT e DIVMS das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca) – Página 59.

TABELA 10- Perfil fermentativo das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos propostos no momento da abertura dos silos experimentais e índice de recuperação de matéria seca (RMS) (Base seca) – Página 61.

TABELA A1- Resultados da regressão polinomial, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os quatro níveis de cal aplicados (0; 0,8; 1,3, 1,8% de MV) – Página 74.

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1- Introdução

A crescente demanda por alimentos de origem animal para a população tem levado produtores e pesquisadores à busca por novas alternativas de alimentação para os animais. Os ruminantes necessitam de duas fontes básicas de alimentação, o volumoso e o concentrado. E o valor desses alimentos representa parcela significativa no custo de produção de carne e/ou de leite.

No Brasil, a sazonalidade climática promove grandes oscilações na oferta de alimentos aos animais domésticos, refletindo em sua produtividade e desempenho. Com o objetivo de minimizar os efeitos da sazonalidade climática, são aplicadas técnicas de conservação de volumosos para disponibilizá-los durante o período de escassez. Algumas técnicas de conservação de volumosos têm-se mostrado incapazes de superar a deficiência de forrageiras no período seco, quando este se torna prolongado, uma vez que os produtores dimensionam suas reservas sem considerar um percentual excedente. Nesses casos, a utilização de alimentos considerados estratégicos pode solucionar, em parte, esse tipo de problema, minimizando as perdas ou mesmo proporcionando ganhos na produção zootécnica (BORGES et al., 2000).

O fornecimento de cana-de-açúcar como suplemento volumoso no período de estiagem é uma das práticas mais interessantes, considerando-se a disponibilidade de forragem neste período crítico. Entre todas as gramíneas tropicais, a cana-de-açúcar detém a produção máxima, com aproximadamente 120 toneladas de massa verde por hectare a cada ano em condições de sequeiro e até 250 toneladas (MV)/ha/ano quando irrigada. No entanto, apresenta características que limitam a sua utilização na alimentação animal, tais como o baixo teor de proteína bruta e os constituintes da sua parede celular que apresentam um alto teor de fibra de lenta degradação ruminal e elevado teor de fibra não-degradável (THIAGO; VIEIRA, 2002).

Como vantagens da utilização da cana-de-açúcar podem ser citadas, além da grande produção por área, a facilidade de manejo do canavial quando comparado a outras culturas, a persistência da cultura e o fato desta forrageira estar disponível para o consumo no momento de maior escassez de alimento que é a época seca do ano. Como pontos negativos na utilização da cana-de-açúcar podem ser citados a dificuldade do corte diário e o menor consumo da mesma, quando comparada a outras forrageiras fornecidas no cocho como a silagem de milho e sorgo.

Recentemente, vem ocorrendo crescente demanda pela utilização da ensilagem de cana-de-açúcar como opção alternativa ao manejo tradicional em capineira, principalmente em decorrência dos benefícios operacionais. Os principais apelos à adoção dessa tecnologia são: concentração de atividades de colheita (podendo esta ser terceirizada) em um período curto, redução de custos com transporte interno na fazenda, redução de mão-de-obra diária e aumento na longevidade do talhão, devido à menor execução de práticas agrônômicas de manejo. Além de que canaviais acometidos por queimadas ou geadas podem ser ensilados rapidamente, sem que haja uma grande perda nutricional.

Entretanto, para que essa técnica apresente relativo sucesso, atenção especial deve ser dispensada ao processo de conservação desse volumoso. A não utilização de aditivos implica em padrão de fermentação caracterizado pelo elevado desaparecimento de carboidratos solúveis presente no conteúdo celular da cana-de-açúcar e pela alta produção de etanol por leveduras epífitas presente na massa verde. Segundo Nussio e Schmidt (2005), a fermentação alcoólica é um processo indesejável, tanto pelo aumento nas perdas de matéria seca, quanto pela posterior rejeição apresentada pelo animal.

Há um crescente interesse, principalmente por pesquisadores brasileiros, de se encontrar aditivos para a ensilagem de cana-de-açúcar que sejam capazes de inibir o crescimento de leveduras, diminuindo a fermentação etanólica e assim as perdas de matéria seca (MS) e também aumentando a sua estabilidade aeróbia.

As bactérias produtoras de ácido lático têm sido estudadas como inoculantes em silagens há algum tempo sendo que, atualmente, tem se dado maior atenção à adição de bactérias heteroláticas, principalmente da espécie *Lactobacillus buchneri*. Esta adição é feita com o intuito de aumentar a competitividade entre os

microrganismos, aumentando a produção de ácido láctico e assim inibindo o crescimento de outros microorganismos indesejáveis, principalmente com relação à inibição do crescimento de fungos (FILYA et al., 2004).

Têm sido também divulgada a utilização da cal virgem microprocessada ou óxido de cálcio (CaO) no tratamento da cana-de-açúcar com o intuito de manter as qualidades nutritivas deste volumoso por alguns dias sem a necessidade de cortes diários e melhorar a digestibilidade da sua porção fibrosa de modo a aumentar o consumo por parte dos animais (SILVA et al., 2005). Pesquisas têm sido realizadas também com diferentes cais existentes no mercado e em diferentes formas de aplicação.

Os agentes alcalinizantes, como o óxido de cálcio (CaO), são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade destas e de outras forrageiras. Esses atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, causando a ruptura das ligações das pontes de hidrogênio, aumentando a digestão desta e da hemicelulose (CAVALI et al., 2006). Atuam na melhora da digestibilidade e estabilidade aeróbica deste volumoso tanto ensilado quanto *in natura*.

Apesar da crescente demanda de informações sobre a ensilagem de cana-de-açúcar, observa-se reduzido desenvolvimento científico em relação ao uso de aditivos que proporcionem diminuição das perdas de matéria seca e valor nutritivo da forragem ensilada.

2 - Cana-de-açúcar no Brasil e suas características

Originária da Nova Guiné, Indonésia, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tem sua introdução no Brasil datada da época do descobrimento do país, sendo desde então uma cultura intensamente difundida. A partir da década de 70, com o programa Pró-álcool, a cultura da cana-de-açúcar passou a receber atenção especial, o que resultou em grandes avanços nas técnicas de produção e no lançamento de variedades com elevado potencial de produção de biomassa e açúcar. Além disso, foi observada expansão do seu cultivo para regiões tradicionais de pecuária e de produção de grãos, aumentando a sua viabilidade de uso na

alimentação animal (MENDES, 2006). Hoje o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. A safra 2007/2008 foi estimada em 547,18 milhões de toneladas, superior em 15,2% à safra anterior onde, cerca de 40% dessa produção, era voltada para a alimentação animal. O prognóstico da produção de cana-de-açúcar para a safra de 2009/2010 indica que o volume total a ser processado pelo setor sucroalcooleiro, deverá atingir um montante de 629,0 milhões de toneladas. Este volume representa um aumento de 10,0% do obtido na safra 2008/2009, ou seja, uma quantidade de 57,2 milhões de toneladas adicionais do produto (CONAB, 2009).

No Brasil, as pastagens constituem a maneira mais prática e econômica de fornecer alimentos aos bovinos. Porém, aproximadamente 80% da matéria seca das forragens produzidas nas pastagens, durante o ano, está disponível na estação quente e chuvosa, tornando-se a estação fria e seca um período crítico, no qual a produção de forragens é insuficiente, daí a necessidade de ser complementada com outras fontes de alimentos. Dessa forma, a produtividade animal, nos sistemas extensivos, varia de acordo com a oferta de pasto, ocasionando ganhos razoáveis numa época e perda de peso em outra. No período seco, adicionalmente à redução na disponibilidade do pasto, ocorre redução na sua qualidade, sendo estes fatores os principais responsáveis pelos baixos índices zootécnicos observados nos rebanhos brasileiros (FERNANDES et al., 2003).

Como planta forrageira, a cana-de-açúcar tem destaque na alimentação de ruminantes, sobretudo nas criações em minifúndios. O fácil cultivo, a produção no período de escassez de forragens verdes, a boa aceitação animal, a alta produção e o baixo custo por tonelada de MS justificam a sua popularidade (MORAES et al., 2006). Não somente os carboidratos não estruturais, mas a fração fibrosa da cana-de-açúcar representa uma fonte potencial de energia para ruminantes. Entretanto, seu uso é limitado devido à estrutura de sua parede celular, que apresenta alta concentração de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) na forrageira, que é inversamente relacionada com a ingestão de matéria seca pelo animal. Ou seja, quanto maior for o teor de FDN menor será o consumo total (FAVARO et al., 2008), além de limitar a digestão microbiana no rúmen. Considerando-se que as bactérias ruminais que degradam a fração fibrosa utilizam o nitrogênio amoniacal como

principal fonte de nitrogênio para seu crescimento, torna-se necessário uma suplementação de dietas à base de cana-de-açúcar com fontes de nitrogênio prontamente disponíveis no rumem como, por exemplo, a uréia (LANDELL, et al., 2002). Dentre os fatores que influenciam na digestão da celulose estão a presença de pelo menos 1% de nitrogênio na dieta, por serem os compostos nitrogenados indispensáveis aos microrganismos (SILVA; LEÃO, 1979)

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

Em função do seu alto teor de carboidratos solúveis, a cana é classificada como um volumoso de média qualidade, apresentando valor médio de 58,9% de nutrientes digestíveis totais (THIAGO; VIEIRA, 2002).

Fatores como idade e variedade da planta afetam a qualidade da cana-de-açúcar como alimento para ruminantes (RODRIGUES; ESTEVES, 1992). Banda e Valdez (1976), estudando o efeito do estágio de maturidade sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram teor de 54,10% para FDN, 33,40% para fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), 26,20% para a celulose (CEL) e 5,43% para a lignina (LIG), quando analisaram canas com 16 meses de desenvolvimento. Kung Jr. e Stanley (1982), estudando o efeito do estágio de maturação no valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram para cana colhida aos 24 meses teor de 52,60% para FDN, 34,20% para FDA, 18,40% para hemicelulose (HEM), 24,50% para CEL e 7,30% para LIG. Oliveira e colaboradores (1996) em estudo, com 16 variedades de cana-de-açúcar, observaram que a porcentagem de FDN variou de 45,10 a 58% e o teor de FDA de 25,9 a 37,5% na MS. Carvalho (1992) verificou para cinco variedades de cana-de-açúcar que a concentração máxima de FDN ocorria próximo

dos 241 dias de vegetação, havendo redução na porcentagem à medida que avançava o estágio de maturidade.

Na Tabela 1 estão compilados dados de diversos experimentos, sobre MS, PB, FDN, HEM, FDA e CHO'S de cana-de-açúcar *in natura*.

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

MS %	PB	FDN	HEM	FDA	CHO'S	FONTE
-----%MS-----						
35,3	2,8	52,9	20,6	32,3	20,4	Santos (2007)
30,0	2,6	52,9	-	-	22,7	Queiroz (2006)
29,3	3,4	55,5	18,3	37,4	11,6	Schmidt et al. (2007a)
35,2	1,5	52,1	17,3	34,8	-	Siqueira et al. (2007a)
26,0	2,9	53,0	22,5	30,5	41,0	Freitas et al. (2007)
29,8	4,1	57,3	18,9	38,4	-	Pedroso (2003)
29,3	3,4	55,5	18,1	37,4	23,3	Pedroso et al. (2003)
29,6	-	48,8	19,9	28,9	-	Azevedo et al. (2003)
29,7	-	48,5	19,2	29,3	-	Fernandes et al. (2003)
-	-	-	-	-	19,7	Castro Neto (2003)
-	-	34,9	7,2	42,1	-	Molina et al. (2002)
-	-	50,3	15,4	34,9	31,4	Alcântara et al. (2004)
26,7	-	-	-	28,0	47,1	Alli et al. (1983)
22,9	-	29,9	-	29,9	53,3	Alli e Backer (1982)
29,4	2,95	49,3	20,2	33,6	30,0	Média

MS=matéria seca; PB=proteína bruta; FDN=fibra insolúvel em detergente neutro; FDA= fibra insolúvel em detergente ácido; CHO'S=carboidratos solúveis
Fonte: Adaptado de Maldonado (2007)

Conforme Landell e colaboradores (2002), a variedade IAC 862480 é considerada como de boa produtividade (1º Corte = 153,8 tonelada de MV/ha), alto teor de açúcar (brix = 21,3 %) e baixo teor de fibra, apresentando grande potencial para uso na alimentação animal. É uma variedade desenvolvida para fins de alimentação animal e apresenta baixo custo de produção, em comparação a silagem de milho ou sorgo. Com hábito de crescimento ereto, bainha aderida fracamente ao colmo (facilitando a desfolha natural), esta variedade é uma boa relação entre o teor de fibra e a quantidade de açúcar (THIAGO; VIEIRA, 2002).

Segundo Balieiro Neto e colaboradores (2006), a variedade IAC862480 apresentou maior degradabilidade da matéria seca quando comparada a IAC912195. Na Tabela 2 estão apresentados valores médios para composição químico-bromatológica da variedade IAC862480 em comparação a variedade

IAC873184. Estes valores comprovam o baixo teor de fibra da variedade IAC862480.

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

VARIÁVEL	IDADE NA COLHEITA					
	12 MESES		15 MESES		18 MESES	
	IAC86 2480	IAC8731 84	IAC8624 80	IAC8731 84	IAC8624 80	IAC8731 84
MS, %	30,2	34,5	24,0	28,3	28,0	32,5
FDN, %MS	46,7	56,0	44,5	54,0	44,9	52,8
CHO'S, % MS	19,0	16,0	19,9	18,7	20,8	17,7
DIVMS, %	65,8	60,5	67,3	62,6	70,7	62,9

DIVMS= digestibilidade *in vitro* da MS

Fonte: Schmidt, 2006.

Para esse alimento que apresenta baixa taxa de digestão da fração fibrosa, a utilização de aditivos químicos e alguns processamentos físicos podem ser utilizados, aumentando a digestibilidade e a degradabilidade da cana-de-açúcar (PINTO et al., 2003; REIS et al., 1995).

3- Ensilagem de cana-de-açúcar

A alta produtividade da cana e a coincidência do seu ponto de amadurecimento (maiores teores de açúcar na MS) com a época de menor produtividade das pastagens fazem com que a mesma seja uma boa opção de forragem *in natura* para uso na seca. Entretanto, fatores como excesso de produção ou disponibilidade de mão-de-obra e máquinas para o seu corte diário, podem favorecer uma decisão pela sua ensilagem, apesar da menor digestibilidade e consumo da cana ensilada, quando comparada com a cana *in natura* (THIAGO; VIEIRA, 2002). O processo de ensilagem apresenta outras vantagens, tais como: colher no momento de melhor qualidade, antecipar colheita em casos de reforma, uniformizar a rebrota, evitar sobras de um ano para o outro, racionalizar mão de obra, evitar risco de perda por fogo ou geada e padronizar adubação e uso de herbicidas.

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

Durante o processo de ensilagem, a forragem verde colocada no silo sofre transformação até a estabilização completa da massa, adquirindo as características de silagem. O principal objetivo do processo de ensilagem é alcançar valores de pH suficiente para inibir o crescimento de microorganismos indesejáveis e a atividade do catabolismo enzimático da planta ensilada (GIMENES et al., 2005).

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

A microbiota da silagem é importante para o sucesso do processo de conservação. São desejáveis bactérias ácido lácticas, e indesejáveis aqueles

microorganismos ineficientes na conservação da forragem por sua baixa capacidade (ou mesmo a incapacidade) de acidificar o meio, apresentando alto consumo de nutrientes (leveduras, clostrídios, e enterobactérias) ou deterioração aeróbica (leveduras, fungos, bacilos e *Listeria*) (SOUSA, 2006).

A cana-de-açúcar também pode ser ensilada como outras forrageiras, pois contém as principais características necessárias para o processo de produção de silagem: teor de matéria seca em torno de 25 a 30% (sendo o ideal próximo a 34%); teor de carboidratos solúveis próximo a 10% da matéria natural; e poder tampão, que permite a queda do pH para valores próximos a 3,5. (VALVASORI et al., 1995). Entretanto na ensilagem, ocorrem problemas quanto à reação bioquímica da produção de etanol, catalisada via fermentativa por leveduras, com alta produção de CO₂ (gás carbônico) e volatilização do álcool, levando a perdas consideráveis (BALIEIRO NETO et al., 2005).

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

Segundo Nussio e colaboradores (2003) a MS é catalisada via fermentação pelas leveduras, de modo que cada molécula de glicose fermentada gera duas moléculas de etanol, duas de dióxido de carbono e duas moléculas de água. Teores de etanol de 7,8 a 17,5% da MS têm sido observados em silagem de cana-de-açúcar isolada, resultando em perdas de até 29% da MS da silagem (KUNG JR.; STANLEY, 1982; ANDRADE et al., 2001).

A fração fibrosa do material ensilado pode ser acrescida percentualmente em condições de intensa formação de efluentes durante o processo fermentativo, no qual os componentes solúveis em água são reduzidos proporcionalmente ao aumento na fração menos fermentável insolúvel em água, particularmente os

constituintes da parede celular (VAN SOEST, 1994). De acordo com Pedroso (2003), a maior concentração dos componentes da fibra na MS das silagens deve-se à perda de carboidratos solúveis na forma de gases durante a fermentação, o que resulta também na produção de água, diminuindo o teor de MS da forragem. Esses efeitos confirmam a afirmação de Zago (1991) de que as modificações no processo fermentativo poderiam reduzir o teor de MS, como consequência da produção de efluentes, e aumentar a porcentagem de FDN na MS.

Segundo levantamento realizado por Nussio e Schmidt (2004), o número de trabalhos publicados e de instituições envolvidas com estudos em silagens de cana-de-açúcar, tem elevado de forma crescente desde 1999. A maioria das pesquisas desenvolvidas tem avaliado a eficiência da aplicação de aditivos para inibir a fermentação alcoólica característica desse material. Andrade e colaboradores (2001) observaram redução na produção de etanol à medida que níveis mais altos de rolão-de-milho foram aplicados na ensilagem da cana-de-açúcar, demonstrando que o aumento do teor de matéria seca inibe a produção de etanol. Foi observada redução de 99% na produção de etanol com a elevação do teor de matéria seca de 20,9 para 27,7%. Além disso, dependendo da qualidade nutricional do material utilizado como aditivo absorvente, pode-se melhorar não só o padrão de fermentação, como também o valor nutritivo da silagem. Os mesmos resultados foram observados por Freitas e colaboradores (2006), que adicionaram resíduo da colheita da soja na ensilagem da cana-de-açúcar, melhorando a qualidade nutritiva e reduzindo as perdas de MS e a produção de etanol das silagens.

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

Coan e colaboradores (2002), avaliando a composição química da cana-de-açúcar fresca e ensilada, observaram os seguintes valores de MS, 27,3% para 20,9%; FDN, 42,1% para 54,95%; FDA, 34,9% para 43,8%, e LIG, de 6,8% para

7,2%, respectivamente, para cana *in natura* e ensilada. Comprovando uma redução no valor nutritivo da cana-de-açúcar ensilada, em relação à composição da parede celular. Durante a ensilagem ocorreu queda nos teores de carboidratos não fibrosos e aumento no teor de FDN (SIQUEIRA et al., 2007).

A fração fibrosa da cana-de-açúcar representa uma fonte potencial de energia para ruminantes, assim como os carboidratos não estruturais. Entretanto, seu uso é limitado devido à estrutura da parede celular, que restringe a digestão microbiana no rúmen. Para alimentos que apresentam baixa taxa de digestão da fração fibrosa, a utilização de aditivos químicos ou bacterianos constitui-se em alternativa para elevar o valor nutritivo (REIS et al., 1995).

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

Aditivos químicos e inoculantes microbianos têm sido utilizados com o desígnio de melhorar o padrão de fermentação e conservação das silagens, promovendo o desenvolvimento dos microrganismos benéficos, como as bactérias produtoras de ácido láctico, e a inibição dos indesejáveis, como as leveduras e clostrídios. Apesar da crescente demanda de informações sobre a ensilagem de cana-de-açúcar, ainda observa-se reduzido desenvolvimento científico em relação ao uso de aditivos que proporcionem diminuição das perdas de matéria seca e valor nutritivo da forragem ensilada (PEDROSO, 2003). Dentre os trabalhos disponíveis na literatura para avaliação da digestibilidade *in vivo* de dietas contendo silagens de cana-de-açúcar, diversos autores afirmam que a inoculação de forragens com

determinados aditivos, pode melhorar a digestibilidade da silagem, entretanto, os resultados são bastante controversos (MENDES et al., 2008).

4 - Agentes químicos

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

Recentemente, a utilização de aditivos químicos tem se destacado também no processo de conservação da cana-de-açúcar, principalmente os alcalinizantes de meio. A finalidade desses é para que interfiram na dinâmica fermentativa, alterando o pH e a pressão osmótica da massa de forragem. Dessa forma, inibem o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis durante a fermentação do material ensilado (SANTOS, 2007) e auxiliam na manutenção das qualidades nutricionais, digestibilidade e estabilidade aeróbica do material ensilado (SILVA et al., 2005; ANDRADE et al., 2001; PEDROSO, 2003).

O termo hidrólise, em forragens, refere-se à quebra da estrutura da fibra, o que sugere a solubilização de componentes que, por conseqüência, aumenta a digestibilidade do alimento, o consumo e melhora o desempenho animal (OLIVEIRA et al., 2008). Os materiais fibrosos são constituídos basicamente de celulose, hemicelulose e lignina. A celulose e a hemicelulose estão aglutinadas em um arranjo sistemático incrustado por lignina. Embora as enzimas microbianas presentes no rúmen tenham a capacidade de hidrolisar a celulose, há dificuldade de acesso das mesmas aos pontos em que é possível a ruptura do polímero celulósico, devido ao fato das ligações químicas com a lignina fazerem com que a celulose e a hemicelulose percam suas propriedades higroscópicas, resultando em uma diminuição da taxa e extensão da digestão da fibra (PINTO et al., 2003). À medida que aumenta o teor de lignina, esta forma um complexo com esses carboidratos

estruturais e o grau de fermentação diminui, podendo chegar até zero, dependendo da intensidade de lignificação.

Agentes alcalinizantes melhoram os coeficientes de digestibilidade da cana-de-açúcar e de outras forrageiras. Atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovendo o intumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das ligações das pontes de hidrogênio, as quais, segundo Jackson (1977), conferem a cristalinidade da celulose, aumentando a digestão desta e da hemicelulose (OLIVEIRA et al., 2007; ANDRADE et al., 2001).

De acordo com Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação deste leva ao aumento da taxa de digestão da fibra. Dentre as substâncias mais utilizadas com esse objetivo estão os hidróxidos de sódio, de potássio e de amônia (REIS et al., 1995). O hidróxido de sódio (NaOH) foi a alternativa precursora utilizada como agente hidrolisante, mas por apresentar alguns inconvenientes tais como: grande requerimento de água para a sua aplicação, maior cuidado no manuseio do produto pela prevenção de acidentes, excesso de sódio na dieta, nas fezes e na urina, e problemas de contaminação ambiental (PINTO et al., 2003) e custo elevado, esse produto não está sendo mais utilizado. Uma das primeiras demonstrações da capacidade de substâncias alcalinizantes modificarem o processo fermentativo de silagens, foi demonstrado em 1978, onde houve uma redução na fermentação alcoólica em silagens de cana-de-açúcar tratada com 4% de NaOH (TUFINO et al., 1978, apud OLIVEIRA et al., 2007).

No entanto, atualmente, alternativas de agentes alcalinizantes como a cal virgem microprocessada ou óxido de cálcio (CaO) e cal hidratada ou hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) tornaram-se uma opção interessante como agente hidrolisante, o que propicia o uso rotineiro da cana na alimentação de bovinos de forma econômica e mais segura (CAVALI et al., 2006). Na hidrólise com a cal virgem ou hidratada, devem-se ressaltar aspectos tais como: concentração de óxido de cálcio e de hidróxido de cálcio, concentração do óxido de magnésio, quantidade da cal em relação a cana, tempo de hidrólise, homogeneização da cal e da cal com a cana, forma de aplicação (solução ou pó) dentre outros (OLIVEIRA et al., 2008).

O uso do óxido de cálcio (CaO) ou cal virgem, para tratamento hidrolítico de forragens tem por base a formação de hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂), um agente alcalino com moderado poder de hidrólise da fibra (BERGER et al., 1994). Embora esta ação hidrolítica possa ocorrer, ela é menos intensa que a experimentada usando bases fortes, como os hidróxidos de sódio (NaOH) ou de potássio (KOH).

Alguns níveis de garantia de diferentes cais, de acordo com o fabricante estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3- Níveis de garantia da cal virgem e cal hidratada.

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

Fonte: Mota e colaboradores (2008)

A aplicação de aditivos como a uréia também pode melhorar a qualidade de silagens de cana-de-açúcar e diminuir a população de leveduras bolores, reduzindo a produção de etanol, as perdas de MS e de carboidratos solúveis e proporcionando melhor composição bromatológica em silagens tratadas, em comparação a silagens exclusivamente de cana (ALLI et al., 1983). A uréia dentro do silo, em decorrência da ação da urease, é convertida a amônia, que, ao se ligar à água, forma o hidróxido de amônia, capaz de solubilizar os componentes da parede celular, principalmente a HEM, reduzindo a FDN do material (REIS et al., 1990), o que reflete positivamente na digestibilidade dos constituintes celulares. Pesquisas desenvolvidas no Brasil relatam que silagens de cana-de-açúcar tratadas com níveis entre 0,5% e 1,5% de uréia propiciaram bom padrão de fermentação e melhor composição bromatológica, como teor mais elevado de MS e teores mais baixos de FDA e FDN, em comparação à silagem de cana exclusiva (MOLINA et al., 2002).

4.1- Óxido ou hidróxido de cálcio como aditivo químico em silagens de cana-de-açúcar

Santos e colaboradores (2006) afirmam que a utilização do óxido de cálcio (CaO) é capaz de promover alteração nos componentes da parede celular da cana-de-açúcar e reduzir o desaparecimento de frações orgânicas solúveis.

O efeito de níveis de CaO na ensilagem da variedade IAC 862480 foi avaliado por Balieiro Neto e colaboradores (2007), que também observaram redução nos constituintes da parede celular e aumento na digestibilidade *in vitro* (DIVMS) das silagens, decorrente dos níveis crescentes de cal virgem aplicados (0,0; 0,5; 1,0 e 2,0%). Em outro trabalho avaliando as mesmas quantidades de cal aditivadas, Balieiro Neto e colaboradores (2005), encontraram silagens com 2,0% de cal com menor produção de gás que silagens sem cal (6,95 vs 9,44%) e minimizaram a perda por efluentes. Em silagens com 0,5% de cal, onde não foram significativas as diferenças entre valores de perda por gás, houve maior produção de efluentes. Nutrientes solubilizados e o pH da fermentação podem favorecer o crescimento microbiano, que é uma atividade que produz gás. Entretanto, silagens com 0,5 e 1,0% de cal, que tiveram maiores perdas por efluentes, não apresentaram redução significativa na produção de gás. Houve alteração significativa sobre os valores de pH, aumentando linearmente para silagens com maiores doses de cal. Houve efeito linear positivo do aditivo no teor de MS das silagens, aumentando o pH das silagens na abertura dos silos. Os níveis de 1,0 e 2,0% do aditivo mantiveram os valores de pH e temperatura constantes durante nove dias de exposição das silagens ao ar, o que promoveu aumento da estabilidade aeróbia e menores perdas de matéria seca das silagens em aerobioses.

Em outro estudo, Balieiro Neto e colaboradores (2007) analisaram os efeitos do óxido de cálcio aplicado no momento da ensilagem nas doses de 0,5; 1,0 e 2,0% sobre a composição química de silagens de cana-de-açúcar durante a fermentação e pós-abertura. Antes da ensilagem, doses crescentes de óxido promoveram redução dos teores de FDN, FDA e lignina e aumento da HEM e da DIVMS. No momento da abertura dos silos, os teores de FDN e FDA foram superiores aos observados antes da ensilagem e menores nas silagens com doses mais altas de aditivo. Também verificou-se que quanto maior o nível do aditivo, maior a DIVMS. Os

teores de proteína bruta (PB) das silagens diferiram apenas entre as silagens controle e com 2% de aditivo, que apresentou teor de PB inferior. Segundo Schmidt e colaboradores (2006), o efeito de níveis de CaO (1,0% de cal virgem na massa verde) na ensilagem da variedade IAC 862480 também levou a uma redução nos constituintes da parede celular e aumento na DIVMS das silagens.

Todas as variáveis analisadas por Cavali e colaboradores (2006) foram influenciadas positivamente pelos níveis de cal nas silagens (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2%), excetuando-se os teores de LIG, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDA) e CHO's. O teor de MS das silagens aumentou linearmente com o nível de cal, fato que pode ser explicado pela capacidade de retenção de água desta, resultando inclusive em menor produção de efluente com a adição de níveis crescentes de cal. A HEM decresceu linearmente estimando-se reduções de 3,33 unidades por unidade de cal adicionada. Isto pode ser explicado pela ação degradadora dos álcalis sobre as ligações ésteres entre ácidos fenólicos e glicídios da parede celular expondo mais HEM e CEL aos microorganismos ruminais, contribuindo para aumento na DIVMS, conforme verificado no trabalho.

Os teores de proteína bruta (PB) decresceram linearmente com as doses de cal. O aumento do pH já era esperado com a adição da cal, em decorrência da natureza alcalina do produto aplicado. Porém a produção de efluente decresceu linearmente com a adição do alcalinizante. Como consequência, a recuperação de matéria seca (RMS) foi maior na presença de cal, cuja característica em análise ajustou-se a um modelo linear crescente, em função do nível desta. A adição de 1,5% de óxido de cálcio promoveu menor perda por gases, melhorou a RMS e o valor nutritivo das silagens (CAVALI et al., 2006).

No conjunto dos resultados obtidos por Caetano e colaboradores (2008), a cal hidratada (dolomítica ou calcítica) na dose de 0,5% parece ser mais eficiente em silagens, comparadas aos outros tratamentos com calcário calcítico e cal virgem dolomítica, nas doses de 0,5 e 1,0%. A utilização da cal hidratada melhorou o padrão de fermentação, já que, significativamente, reduziu o teor de etanol e elevou o teor de ácido láctico, apesar de elevar também o teor de ácido butírico e o valor do pH. O uso dos aditivos alcalinizantes melhorou a estabilidade aeróbia, com menor temperatura máxima após a abertura do silo e numa tendência de redução da taxa

de elevação da temperatura, sendo que o calcário calcítico proporcionou os piores resultados.

Amaral e colaboradores (2009), ensilando cana-de-açúcar sem aditivo ou tratada com 1,0% (massa verde) de cal virgem ou calcário, observaram as menores perdas gasosas nos tratamentos contendo fontes de cal virgem ou calcário (13,5% a menos). As silagens com 1,0% de cal virgem ou calcário ainda apresentaram menores valores de etanol (1,2%), aumento nos valores de cinzas e do pH. Os teores de MS também aumentaram nas silagens tratadas, sendo maior com 1,0% de calcário (32,1%) do que com 1,0% de cal virgem (30,5%) ou na silagem controle (28,3%). A concentração de PB foi maior na silagem controle, assim como os teores de FDN (68,7 %). As silagens tratadas com esses aditivos apresentaram maior teor de carboidratos solúveis residuais e de ácidos acético e butírico, além de reduzida fermentação alcoólica.

Duas variedades de cana-de-açúcar (IAC 862480 e RB 835453) hidrolisadas com zero, 0,5 e 1,0% de cal virgem durante três horas, *in natura* e ensiladas durante sessenta dias foram avaliadas por Oliveira e colaboradores (2007), que determinaram as digestibilidades *in vitro* da: matéria seca (DIVMS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN), da fibra em detergente ácido (DIVFDA) e da lignina (DIVL). Constatou-se que a variedade IAC 862480 apresentou maior DIVMS, DIVFDN e da DIVFDA, considerando-se os níveis de cal utilizados. Entretanto a DIVFDN foi maior apenas para a silagem de cana nos níveis de 0,5% e 1,0% de cal. Também se observou menor DIVMS para silagem somente. Tal fato é decorrente do processo fermentativo que ocorre durante a ensilagem da cana-de-açúcar, causando perda de matéria seca diante da fermentação alcoólica.

Oliveira e colaboradores (2008) determinaram a composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar (IAC 862480 e RB 835453) hidrolisadas com três níveis de cal virgem (zero; 0,5 e 1,0%), e dois procedimentos (cana *in natura* e silagem). O tratamento com cal não influenciou os teores de extrato etéreo, celulose e de nutrientes digestíveis totais da cana-de-açúcar. Os teores FDN e de HEM diminuíram em função das quantidades crescentes de cal. As adições de 0,5 e 1,0% de cal virgem (óxido de cálcio) elevaram os valores de pH e foram eficientes em reduzir a fração fibrosa da cana-de-açúcar.

Com o intuito de mensurar a eficiência biológica relativa (EBR), Borgatti e colaboradores (2008) testaram os seguintes aditivos: hidróxido de sódio, calcário, uréia, bicarbonato de sódio, cal virgem e cal hidratada e analisaram as variáveis pH e as concentrações de etanol e de ácidos orgânicos. A EBR foi calculada através da técnica do “slope ratio”. O hidróxido de sódio, escolhido como o aditivo padrão (100% de EBR), diminuiu consideravelmente a fermentação alcoólica e, conseqüentemente, resultou em silagem com maior teor de ácido láctico, sem alterar substancialmente os outros ácidos orgânicos. O aditivo que apresentou melhor eficiência biológica relativa foi o calcário (89,4%). A eficiência biológica relativa da uréia (49,2%) não diferiu da eficiência encontrada para o bicarbonato (47,7%) e para cal hidratada (34,3%). Todos os aditivos foram capazes de diminuir a fermentação alcoólica e aumentar o teor de ácido láctico na silagem. O uso da soda ou da uréia não alterou a concentração dos demais ácidos orgânicos. Entretanto, quando se utilizou calcário, cal hidratada ou bicarbonato, observou-se um aumento na concentração de ácido butírico na silagem. Embora em magnitudes diferentes, todos os aditivos aumentaram o pH da silagem, sendo este aumento compatível com os dados de fermentação. Entretanto, estudos sugerem o pH não é um ponto crítico em silagens de cana-de-açúcar e tampouco indicador da qualidade fermentativa desta, uma vez que a produção de etanol mediada por leveduras ocorre mesmo em pH inferior a 3,5 (MCDONALD et al., 1991).

Por meio destes trabalhos pode-se verificar que o tratamento alcalino proporciona benefícios sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar.

5 - Bactérias heterofermentativas como aditivos biológicos

O uso de inoculantes microbianos no Brasil vem aumentando nos últimos anos, embora o volume de trabalhos publicados ainda seja pouco expressivo quando comparado aos observados no exterior, principalmente no que se refere ao desempenho de animais. Nos estudos com silagens de milho e sorgo, os inoculantes avaliados são compostos exclusivamente de bactérias homofermentativas, que também representam a maioria das pesquisas em silagens de capins, enquanto que

nas silagens de cana-de-açúcar predomina-se o uso de bactérias heterofermentativas. São encontrados bons resultados para bactérias heterofermentativas, principalmente para as silagens de cana-de-açúcar, com menor pH e teor de compostos fibrosos em face aos aumentos do teor de carboidratos solúveis, associado à maior RMS e aumento de estabilidade aeróbia. A associação de bactérias hetero e homofermentativas proporciona respostas satisfatórias, embora os dados nacionais sejam mais escassos ainda (ZOPOLATTO et al., 2009).

Microrganismos homofermentativos ou homoláticos, fermentam hexoses quase exclusivamente em ácido láctico. Estes microorganismos caracterizam-se pela taxa de fermentação mais rápida, menor proteólise, maior produção de ácido láctico, menores teores de ácidos acético e butírico, menor teor de etanol, e maior recuperação de energia e MS. Bactérias heterofermentativas ou heteroláticas utilizam ácido láctico e glicose como substrato para produção de ácido acético e propiônico, os quais são efetivos no controle de fungos, sob baixo pH (ÁVILA et al., 2008; MCDONALD et al., 1991; RIBEIRO et al., 2005; TAYLOR et al., 2002; ZOPOLATTO et al., 2009). Esses microrganismos são produtores de ácidos orgânicos considerados fracos, no que se refere à eficiência em reduzir o pH da massa ensilada, mas com ação sobre o metabolismo de leveduras e fungos filamentosos (MCDONALD et al., 1991).

Algumas das bactérias homofermentativas mais comumente usadas em inoculantes para silagens são: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pediococcus cerevisiae*, dentre outras (QUEIROZ et al., 2008). A inoculação da bactéria homolática *Lactobacillus plantarum* tem ocasionado elevação nas perdas de MS e não reduz a produção de etanol (FREITAS et al., 2006), uma vez que o ácido láctico é usado como substrato por leveduras.

Nos últimos cinco anos, pesquisadores brasileiros têm desenvolvido trabalhos para avaliar os possíveis efeitos da inoculação dessa espécie bacteriana às silagens de cana-de-açúcar. Ferreira e colaboradores (2007) estudaram as características de fermentação da cana-de-açúcar (RB72454) submetida aos tratamentos: controle; 0,5% uréia; 0,5% zeólita; 0,5% uréia e 0,5% zeólita; inoculante bacteriano comercial (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus*); inoculante bacteriano/enzimático comercial (*Lactobacillus plantarum* PA-28TM e K-270TM).

Observou-se redução do conteúdo de MS em todas as silagens, com média de 21,1%, em relação ao material original (28,7%). A concentração de PB das silagens testemunha e tratadas com zeólita, inoculante comercial bacteriano e inoculante comercial bacteriano/enzimático variou entre 2,1% e 3,1% e naquelas que receberam uréia e uréia+ zeólita foi de 8,4%. Os teores de N-NH₃/NT foram inferiores a 10%, exceto as silagens com uréia (30,4%) e uréia+zeólita (31,1%).

Os mesmos autores notaram ainda que na abertura das silagens, após 56 dias de fermentação, as concentrações de FDN, FDA, CEL e HEM aumentaram, apresentando média entre os tratamentos de 68,6%, 39,6%, 34,5% e 29,1%, respectivamente. O coeficiente de DIVMS reduziu-se com a ensilagem, em todos os tratamentos avaliados, sendo de 57,6% no material original e média de 47,6% nas silagens. A ensilagem de cana-de-açúcar foi caracterizada por perdas de matéria seca e carboidratos solúveis, resultando em acúmulo dos componentes da parede celular (FDN, FDA, CEL e HEM) e redução da DIVMS. Os aditivos avaliados não foram eficientes em evitar as perdas durante a fermentação, não preservando o valor nutricional da cana-de-açúcar (FERREIRA et al., 2007).

Na busca de uma alternativa no controle de leveduras e na melhoria da estabilidade aeróbia, bactérias heterofermentativas como *Lactobacillus buchneri* e o gênero *Propionibacterium* sp se tornaram uma opção como aditivos, pois além de produzir ácido acético, que é comprovadamente um grande agente antifúngico, algumas destas bactérias não produzem etanol, graças à ausência de enzima acetaldeído desidrogenase, responsável pela redução do acetaldeído a etanol (MCDONALD et al., 1991). Bactérias heteroláticas fermentam glicose produzindo ácido lático e etanol, já a frutose é fermentada a ácido lático, acético e manitol. A incapacidade de síntese de etanol existe nas bactérias do gênero *L. buchneri* é extremamente desejável, já que muitas bactérias heteroláticas produzem álcool quando fermentam glicose e frutose até gliceraldeído 3 fosfato e acetilfosfato pela via 6- fosfogluconato (OUDE ELFERINK et al., 2001). Aditivos contendo bactérias heteroláticas que produzem ácido acético, além do ácido lático, melhoram a estabilidade aeróbia das silagens em razão do maior poder daquele ácido de inibir o crescimento de bolores e leveduras (PEDROSO, 2003). O uso da bactéria *L. buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar resultou em melhor RMS, redução na

produção de etanol e aumento da estabilidade aeróbia das silagens, além de aumento no consumo e no ganho de peso em bovinos (PEDROSO et al., 2006). A formação do etanol provoca rejeição ingestiva pelo animal, assim interferindo sobre o consumo de MS, além de interferir negativamente na gliconeogênese (SIQUEIRA, 2005).

Oude Elferink e colaboradores (2001) mostraram ainda que *L. buchneri* podem também produzir outros metabólicos ainda não identificados com atividades antifúngicas. O valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. buchneri* foi avaliado por Siqueira (2005). O autor concluiu haver maior teor de carboidratos não fibrosos e maior digestibilidade da matéria seca em silagens aditivadas com *L. buchneri* em comparação as silagens tratadas com a associação de bactérias (*P.acidipropionici* + *L. Plantarum*), uréia ou benzoato de sódio.

A diminuição de ácido láctico por meio da degradação anaeróbica do ácido láctico a ácido acético, a 1,2-propanodiol, que tem grande efeito antifúngico, foi observada por Ranjit e Kung (2000). Consequentemente houve aumento de ácido acético (3,6%MS vs 1,8% no controle) e menor crescimento de leveduras (*Saccharomyces*, *Candida*, *Cryptococcus* e *Pichia spp*), prevenindo a deterioração aeróbia quando a silagem foi exposta ao ar. A redução do ácido láctico representa diminuição de substrato potencialmente fermentável por leveduras. No caso da silagem da cana-de-açúcar, esse efeito apresenta grande interesse durante o processo fermentativo e na pós-abertura.

Resultados semelhantes foram encontrados por Taylor e colaboradores (2002) com a mesma bactéria, subtipo 40788, mas não encontraram efeito na ingestão e desempenho dos animais. Assim, recomendam seu uso em situações onde o enchimento do silo é demorado ou quando na abertura do silo, o mesmo possui grande superfície exposta ao ar. Estes autores relatam que o prolongado tempo de ensilagem e a alta concentração de *L. buchneri* subtipo 40788 (maior que $5,0 \times 10^5$ ufc/g) aumentam a produção de ácido acético e a estabilidade aeróbia da silagem, não obtendo efeitos quando misturaram *L. plantarum*.

Segundo Freitas e colaboradores (2004), a menor população de leveduras foi observada na silagem com *L. buchneri* e a maior, na silagem tratada com *L. plantarum* acrescida do resíduo de soja. Com base nestes dados, pode-se inferir que

o aumento do teor de MS das silagens ocasionado pela adição do resíduo, não foi capaz de diminuir a população de leveduras, mas foi eficiente em diminuir sua atividade, pois os tratamentos com menores teores de etanol foram os com conteúdo de MS mais elevados. De acordo com Van Soest (1994), o aumento no teor de MS provoca maior pressão osmótica do meio, tornando o ambiente desfavorável para o desenvolvimento e as atividades metabólicas das leveduras.

Queiroz e colaboradores (2008) constataram que a inoculação com *L. buchneri* melhorou o valor nutritivo e reduziu as perdas fermentativas, com um teor de 3,08% de ácido lático (% MS), baixo de acordo com por Kung Jr. e Stanley (1982) que estabeleceram teores de 5,65 a 4,33%. Portanto, a menor concentração deste ácido pode ser justificada pelo consumo de ácido lático pelo *L. buchneri* inoculado a silagem. As perdas fermentativas visam quantificar o impacto da fermentação tipicamente alcoólica das silagens de cana-de-açúcar e geram uma estimativa da eficiência dos aditivos do processo de conservação da silagem. Estas perdas surgem da atividade microbiana e dos processos bioquímicos que ocorrem durante a fermentação e do tipo de microorganismos envolvidos.

O uso de *L. buchneri* também está sendo pesquisado em silagens de milho. Reis e colaboradores (2008) constataram que a inclusão desta bactéria nas silagens de grãos úmidos de milho não influenciou os parâmetros avaliados na fermentação, registrando-se valores médios de pH (4,2), perda por gases (2,68%), por efluente (2,56 kg/t de silagem) e RMS (98,42%). No entanto, durante a exposição aeróbia, as silagens inoculadas com doses a partir de $1,0 \times 10^5$ ufc/g de massa ensilada mostraram-se mais estáveis, aumentando de 68 h (controle) para 239,3 h (dose de $1,0 \times 10^5$ ufc/g de massa ensilada) o tempo de quebra da estabilidade. A inoculação com *L. buchneri* mostrou-se eficaz no controle de leveduras e fungos e promoveu aumento na estabilidade aeróbia. Doses superiores às supracitadas possuem efeito benéfico, no entanto tem-se de considerar a relação custo-benefício.

Segundo Ávila e colaboradores (2008), silagens inoculadas com *L. buchneri* obtiveram teores menores de FDA (30,54%) em relação à silagem sem inoculante (36,48%). Para os teores de FDN, não foi verificada diferença estatística. Apesar de não ter melhorado efetivamente as características bromatológicas da silagem, o

inoculante reduziu a população de leveduras e aumentou a população de bactérias do ácido lático.

Pedroso (2003), avaliando o efeito de aditivos bacterianos, como *L. plantarum* e *L. buchneri*, e químicos, como benzoato de sódio, sorbato de potássio e uréia, concluiu que o *L. buchneri* é um dos mais promissores aditivos, pois diminuiu a produção de etanol (1,9%MS vs 4,05% do controle) na silagem e aumentou a estabilidade aeróbia. A silagem aditivada com a bactéria demorou 78 horas para perder a estabilidade, o que corresponde a um aumento de 63% em relação à silagem controle.

Em experimento realizado por Pedroso e colaboradores (2006), comparando a utilização de aditivos químicos e biológicos, afirmam que inoculação de *L. buchneri* melhora o ganho diário (1,24 vs 0,94 kg dia⁻¹) e a adição de benzoato de sódio melhora a conversão alimentar (7,6 vs 9,4 kg de MS por kg de peso vivo), relativamente ao controle (silagem não tratada) de novilhas alimentadas com silagens de cana-de-açúcar. Os tratamentos não afetaram o consumo de matéria seca (2,19% do peso vivo). As rações com silagens tratadas com benzoato ou *L. buchneri* mostraram menor custo por quilograma de ganho de peso.

É importante ressaltar que o sucesso do uso de inoculantes bacterianos depende de vários fatores, dentre eles o número de bactérias viáveis existentes no produto e o número de microrganismos pertencentes à flora epífita, isto é, presentes na própria planta. Como decorrência, observa-se uma grande variação entre os resultados de experimentos que avaliam o uso de inoculantes bacterianos nas silagens de diferentes forrageiras (FERREIRA et al., 2007). Resultados controversos sobre a *L. buchneri*, ou até mesmo ausência de algumas respostas no processo de ensilagem da cana-de-açúcar com esta bactéria, vêm sendo divulgados.

Em uma revisão compilando dados de vários experimentos, Zopolatto e colaboradores (2009), relataram que a utilização de *L. buchneri* resultou em respostas favoráveis para as seguintes variáveis estudadas: teor de carboidratos não fibroso (CNF), teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro, recuperação de CNF, recuperação de MS digestível e estabilidade aeróbia. Porém, o número de dados encontrados para tais variáveis (n= 1 ou 2) foi considerado reduzido e insuficiente para o estabelecimento de conclusões definitivas. Variáveis compostas

por maior número de observações (n=de 3 a 9), como teor de MS, teor de FDA, teor de FDN, DIVMS e pH, apresentaram frequências de respostas favoráveis variando entre 15% e 40%.

De acordo com esta revisão, a população de leveduras foi reduzida significativamente em um de três trabalhos (33%) que citam esta variável. Um artigo demonstrou aumento na concentração de ácido acético num total de quatro trabalhos avaliados (25%). Por outro lado, o teor de etanol não foi reduzido significativamente em nenhum dos trabalhos incluídos neste levantamento (n=12) (ZOPOLATTO et al., 2009).

Existe uma dificuldade metodológica para a recuperação precisa do etanol sintetizado na massa ensilada. Jobim e colaboradores (2007) relataram que o teor de etanol descrito em silagens poderia representar pequena fração do etanol efetivamente produzido, induzindo às distorções na interpretação da eficiência de estratégias de controle desta variável em silagens.

Ao utilizar *L. buchneri*, óxido e carbonato de cálcio em doses de 1,0 e 1,5% da massa verde e sulfato de cálcio a 1,0% da massa verde, na confecção das silagens, as menores perdas fermentativas e gasosas foram observadas nas silagens com óxido ou carbonato de cálcio, que resultaram em maior taxa de RMS. Da mesma forma, as silagens tratadas com estes aditivos apresentaram maior teor de carboidratos solúveis residuais, de ácido láctico, reduzida fermentação alcoólica, maior teor de cinzas, menor concentração de componentes fibrosos, maiores coeficientes digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica. O teor de proteína encontrado nessas silagens foi semelhante ao observado na forragem fresca. A ensilagem de cana-de-açúcar com *L. buchneri* e sulfato de cálcio possibilitou a obtenção de desempenho similar ao determinado com a silagem sem aditivos (SANTOS et al., 2008).

Não foi verificada diferença estatística para o teor de ácidos graxos voláteis (AGV) nas silagens. O valor médio para ácido láctico foi de 0,99% da MS e o de ácido acético, 2,31% da MS, o que representa relação láctico: acético de 0,43: 1, considerada anormal para silagens de cana-de-açúcar. Os teores de ácido propiônico podem ser considerados baixos (0,21% MS) e os de ácido butírico praticamente insignificantes (0,05% MS) (SCHMIDT et al., 2007). Kung Jr. e Stanley

(1982) observaram teores de 5,6 e 1,9% da MS para os ácidos láctico e acético, que correspondem a uma relação láctico: acético de 2,95: 1 em silagens de cana-de-açúcar sem aditivos.

Avaliou-se o efeito da inclusão de aditivos (0,5% uréia, 0,1% de benzoato de sódio, *Lactobacillus plantarum* – $1,0 \times 10^6$ ufc/g, *L. buchneri* - $3,6 \times 10^5$ ufc/g forragem, todos na massa verde) sobre a composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar, o comportamento ingestivo, o consumo voluntário e a digestibilidade em bovinos de corte. A composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar foi alterada após a ensilagem, em relação à cana-de-açúcar original, com redução no teor de carboidratos solúveis e na DIVMS e elevação relativa nos teores de FDN e FDA. Os teores de etanol (0,30% da MS) e ácidos orgânicos (0,99% de ácido láctico e 2,31% de acético) foram baixos e semelhantes entre as silagens. Os aditivos aplicados na ensilagem não promoveram alterações no consumo e na digestibilidade aparente da MS (7,2 kg/dia e 63,6%, respectivamente), assim como no comportamento ingestivo dos animais (SCMITH et al., 2007)

Castro Neto (2003) avaliou os mesmos aditivos utilizados no experimento descrito acima para a ensilagem da cana-de-açúcar e observou que nenhum deles foi capaz de minimizar a redução do conteúdo de carboidratos da cana durante o processo fermentativo.

De acordo com dados compilados por Zopolatto e colaboradores (2009), a utilização de bactérias heterofermentativas associadas à homofermentativas apresentou maioria de respostas favoráveis para diversas variáveis, embora os dados sejam escassos e inconclusivos. A hipótese dessa combinação seria a de intencionalmente selecionar cepas eficazes para a otimização conjunta de respostas em fermentação e de estabilidade aeróbia na massa, que não seria alcançada com as estratégias convencionais de exploração exclusiva de cada grupo desses microrganismos. Mesmo que esta associação aumente o custo do aditivo, ainda assim representa uma oportunidade sustentável de se atingir benefícios da simbiose positiva dessa combinação. Uma associação de bactérias hetero ou homofermentativas com agentes químicos, que evitam a redução do pH em níveis que cessam as atividades destas, vêm sendo alvo de pesquisas, mas ainda carente de resultados conclusivos.

Ao ensilar a cultivar RB 72454 após sua queima no campo, Roth e colaboradores (2007) utilizaram como aditivos *L. buchneri*, cal virgem micropulverizada e *L. buchneri* + cal virgem micropulverizada. Após a abertura dos silos todos os valores de pH reduziram de forma efetiva, possibilitando a conservação da forragem. Nas silagens controle (ensilagem de cana-de-açúcar sem aditivo) e *L. buchneri* houve redução média de 30% no teor de MS e aumento na concentração da FDN de 60% em média, diferente do ocorrido nas silagens tratadas com cal associada ao *L. buchneri* ou não, onde essa redução foi de 12% de MS em média e o aumento da concentração de FDN foi de 17%. A RMS desses tratamentos apresentou-se maior e as perdas por gás e produção de efluentes menores; evidenciando ação benéfica da cal no controle de leveduras e na menor redução nos teores de carboidratos solúveis durante o processo fermentativo. Dos aditivos utilizados a cal mostrou-se o mais promissor na ensilagem de cana-de-açúcar.

O mesmo objetivo, de avaliar a eficácia de aditivos químicos, inoculantes bacterianos e suas associações na inibição da produção de etanol, na diminuição das perdas de MS e na melhoria da digestibilidade *in vitro* de silagens de cana-de-açúcar, foi apresentado por Pedroso e colaboradores (2007). Estes autores aditivaram silagens de cana-de-açúcar com: uréia, hidróxido de sódio, propionato de cálcio, benzoato de sódio, sorbato de potássio, *L. plantarum*, *L. buchneri*, *L. plantarum* combinado com 0,5% de uréia e *L. plantarum* combinado com 1,0% de uréia. Nenhum dos aditivos foi capaz de reduzir a concentração de etanol nas silagens. Os tratamentos contendo propionato e *L. plantarum* causaram aumento no teor de álcool em relação à silagem controle (4,8 e 12,5% vs 3,8% da MS, respectivamente). As silagens aditivadas com uréia, hidróxido de sódio, sorbato, e *L. buchneri* e as duas associações propostas reduziram a perda total de MS, com *L. buchneri* apresentando redução de 56% da perda total. As silagens tratadas com *L. buchneri* não tiveram DIVMS estatisticamente diferente do grupo controle (10,4 vs 15,3% do controle).

Outro microrganismo utilizado para atuar sobre a estabilidade aeróbia e no controle de leveduras são as bactérias heterofermentativas do gênero *Propionibacterium* sp, que têm capacidade de fermentar carboidratos solúveis, produzindo um mol de gás carbônico, três moles de lactato, dois moles de

propionato e um mol de acetato, para cada mol de glicose fermentada ou frutose (KUNG JR. et al., 2003; MCDONALD et al., 1991). Esses mesmos autores relatam que os incrementos na estabilidade aeróbia encontrados na literatura são controversos, pois as bactérias do gênero *Propionibacterium* sp são inibidas em pH inferior a 4,2–4,5. Discordando destes resultados, Filya e colaboradores (2004) adicionaram *Propionibacterium acidipropionici* na ensilagem de trigo, sorgo e milho e verificaram que nas silagens, embora elas tenham apresentado pH inferior a 4,0, com 16 dias de fermentação, ocorreram aumentos nos teores de ácido propiônico de 0,06% para 0,9% e de ácido acético de 0,5% para 0,74% após 60 dias de fermentação. A concentração de ácido propiônico foi superior em todas as silagens inoculadas apenas com *P. acidipropionici* e a população de leveduras foi reduzida da faixa de 5,5 a 5,8 para <2,0 log ufc/g de silagem e a população de fungos de 4,1 a 5,0 também para <2,0 log ufc/g de silagem.

Muitas bactérias deste gênero são aditivadas juntamente com enzimas, que são subprodutos microbianos com alguma atividade enzimática. O princípio de utilização de enzimas é o de estimular a quebra de carboidratos complexos (amidos, celulose e hemicelulose) em açúcares simples que seriam prontamente fermentados pelas bactérias ácido lácticas.

Siqueira e colaboradores (2007) encontraram um efeito sinérgico entre o aditivo químico NaOH e os inoculantes bacterianos do gênero *Propionibacterium acidipropionici*, *L. plantarum* e *L. buchneri*. Este efeito parece estar associado ao pH, pois a bactéria *P. acidipropionici* tem seu crescimento inibido em pH inferior a 4,5. Quando a cana-de-açúcar foi ensilada com NaOH, o pH não sofreu redução a níveis inferiores, o que possibilitou maior tempo para ação das bactérias acidopropiônicas. As associações de *P. acidipropionici* ou *L. buchneri* com NaOH, em comparação ao grupo controle, possibilitaram melhor preservação dos teores de MS (32,2 e 33,5 vs 27,4%, respectivamente), FDN (53,4 e 55,7 vs 75,3%), FDA (39,5 e 44,3 vs 48,7%), lignina (6,6 e 7,1 vs 8,1%) e CNF (33,8 e 31,7 vs 14,9%) e, conseqüentemente, propiciaram os maiores valores de DIVMS (60,3 e 63,2 vs 35,1%). Na associação dos inoculantes bacterianos e químicos, outro efeito pode ter propiciado a redução da perda por gases: a inclusão de substâncias alcalinas. Estas substâncias estimulam a proliferação de bactérias homofermentativas, que aumentam a

produção de ácido láctico, especialmente na ensilagem da cana-de-açúcar (NIEBLAS et al., 1982 apud SIQUEIRA, 2005). O ácido láctico é considerado substrato para o *P. acidipropionici* e para o *L. buchneri* produzirem ácido propiônico e ácido acético, respectivamente (MCDONALD et al., 1991; OUDE ELFERINK et al., 2001).

O uso de aditivos nem sempre vem acompanhado de melhora no desempenho de animais recebendo silagens tratadas. Se o aditivo for capaz de alterar significativamente o padrão de fermentação das silagens, reduzindo as perdas totais e aumentando a RMS de forma economicamente viável, sua utilização provavelmente já se torna justificável mesmo sem promover alterações no desempenho animal (NUSSIO; SCHMIDT, 2004).

São apontadas algumas hipóteses para justificar o insucesso eventual da utilização de inoculantes em silagens. Dentre elas destacam-se: a atividade competitiva da população epífita da planta originada a partir de cepas selvagens, o baixo teor de açúcares da forragem, os efeitos do antecedente histórico da cultura agrícola utilizada como fonte de forragem, excesso de oxigênio, extremos de atividade de água na massa ensilada e problemas na aplicação do produto (KUNG JR. et al., 2003).

A composição da cana vai favorecer uma elevada produção de ácido acético e álcool (ação de leveduras) durante o processo de ensilagem, prejudicando o seu consumo. O ideal é se houvesse uma maior produção de ácido láctico. Avaliações recentes do uso de cal virgem ou hidratada e bactérias heterofermentativas na ensilagem da cana, para reduzir a fermentação alcoólica e as perdas de MS, têm apresentado resultados promissores. Neste contexto, têm sido desenvolvidos estudos com esses agentes visando baixar o custo da alimentação. Ambos ainda necessitam de maiores estudos para que seus efeitos no metabolismo ruminal e animal sejam dimensionados.

6 - Objetivos gerais

O objetivo neste trabalho foi estudar as características de fermentação e qualidade nutricional das silagens de cana-de-açúcar, variedade IAC 862480, com

diferentes inoculantes: bactérias heteroláticas (*Lactobacillus buchneri*), bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas) ou hidróxido de cálcio. Avaliou-se também a digestibilidade *in vitro*, e a recuperação de matéria seca de todos os tratamentos em relação a silagem de cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

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

ALLI, I; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, n.4, p.291-299, 1983.

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

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

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; SUGAWARA, M.S; SILVA, M.S.; SCHWAN, R.F. Qualidade da silagem de cana-de-açúcar inoculada com uma cepa de *Lactobacillus buchneri*. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.30, n.3, p.255-261, 2008.

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

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

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

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; NOGUEIRA, J.R.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1231-1239, 2007.

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

BERGER, L.L.; FAHEY JUNIOR, G.C.; BOURQUIN, L.D.; TITGEMEYER, E.C. Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY JUNIOR, G.C. **Forage quality, evaluation, and utilization**. Wisconsin: ASA, p.922-966.1994.

BORGATTI, L.M.O.; CONRADO, A.L.V.; PAVAN NETO, J.; MEYER, P.M.; RODRIGUES, P.H.M. Avaliação da Eficiência Biológica Relativa de aditivos para ensilagem de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, Lavras, 2008. **Anais...**Lavras: SBZ, CD ROM, 2008.

BORGES, I.; GONCALVES, L.C.; MORAIS, M.G.; ZEOULA, L. M.; FRANCO, G. L. Influência da dieta sobre o desaparecimento *in situ* da matéria seca, da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.3, p.235-242, 2000.

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

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

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos.** 2003. 53f. Dissertação (Mestrado)- Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; SOUSA, L. O.; PENTEADO, D. C. S.; CARVALHO, I. P. C.; SANTOS, E. M.; CEZÁRIO, A. Silagem de cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas "1". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. BRASIL, 2009. Disponível em: <http://www.conab.com.gov.br>. Acesso em 01 nov. 2009.

FAVARO, V.R.; NASCIMENTO, A.C.A.; CAMPOS, A.F.; PIAU, T.S.; RODRIGUES, D.J.; GONÇALVES, J.; EZEQUIEL, J.M.B. Cana-de-açúcar hidrolisada com diferentes concentrações de hidróxido de cálcio, efeitos sobre: matéria mineral, fibra

em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, Lavras, 2008. **Anais...** Lavras: SBZ, CD ROM, 2008.

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

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

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Propionibacterium acidipropionici*, with or without *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation and aerobic stability of wheat, sorghum and maize silage. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 97, n. 4, p. 818-821, 2004.

FREITAS, A.W. P; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. Características da silagem de cana-de açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.48-59, 2006.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D.; SILVA, C.J.; SILVA, L.O.; MOREIRA, M.S. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com dois inoculantes e enriquecida com resíduo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, CD-ROM, 2004.

GIMENES, A.L.G.; MOREIRA, F.B.; MIZUBUTI, I. Y.; PEREIRA, E.S. Efeito da utilização de inoculantes em silagens de forrageiras sobre os teores de proteína e fibra, digestibilidade dos nutrientes, pH, fermentação e estabilidade aeróbia.

Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 4, p. 601-610, 2005.

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

Proceedings...Uppsala: Sweden, p.270-271, 1999.

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

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

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

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

KUNG JR, L.; TAYLOR, C. C.; LYNCH, M. P.; NEYLON, J. M. The effect of treating alfafa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 5, p. 336-343, 2003.

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

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

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

MENDES, C.Q. **Silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos e caprinos: valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo**. 2006. 120f. Tese (Mestrado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MENDES, C.Q., SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; PIRES, A.V.; RODRIGUES, G.H.; URANO, F.S. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.12, p.2191-2198, 2008.

MOLINA, L. R.; FERREIRA, D. A.; GONÇALVES, L. C.; CASTRO NETO, A. G.; RODRIGUES, N. M. Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, CD-ROM, 2002.

MORAES, K.A.K.; FILHO, S.C V.; MORAES, E. H. B. K.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; DETMANN, E.; BRITO, A.F.; NALON, P.M.; SOLÉRO, B.P.; COOKE, S.V.; PEREIRA, D.H. Desempenho de novilhas mestiças recebendo dietas contendo

cana-de-açúcar hidrolisada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

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

NUSSIO, L.G.; SCHIMDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA – SUSTENTABILIDADE, 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.49-74, 2003.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agronômicos e nutricionais. In: SANTOS, F.A.P.; MOURA, J.C.; FARIA V.P. IN: VISÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO LEITEIRA, 2005. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 193-218, 2005.

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

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

OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C.; MOTA, D.A.; ANDRADE, A.T. Efeito da hidrólise com cal virgem sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 1, p. 19-27, 2008.

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

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F.; FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, n.1, p.125-132, 2001.

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, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI JR., W.; RODRIGUES, A.A; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.649-654, 2006.

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

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

QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p. 358-365, 2008.

RANJIT, N.K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, n. 3, p.526-535, 2000.

REIS, R.A.; ALMEIDA, E.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.; JANUSCKIEWICZ, E.; BERNARDES, T.F.; ROTH, A. P.T.P. Efeito de doses de *Lactobacillus buchneri* “CEPA NCIMB 40788” sobre as perdas nos períodos de fermentação e pós-abertura da silagem de grãos úmidos de milho. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n.4, p. 923-934, 2008.

REIS, R.A.; GARCIA, R.; SILVA, D.J. Efeito da aplicação de amônia anidra sobre a composição química e digestibilidade de in vitro de fenos de três gramíneas tropicais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.3, p.219-224, 1990.

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

RIBEIRO, J.L.; QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G. Desenvolvimento de aditivos microbianos para ensilagem: realidade e perspectivas. In: REIS, R.A; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. et al. (Eds.). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.1-23. 2005.

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

ROTH, A.P.T.P.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; MONTEIRO, R.R.; DOMINGUES, F.N.; ROTH, M.T.P. 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**: SBZ, CD-ROM, 2007.

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

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.

SANTOS, R.V.; EVANGELISTA, A.R.; PINTO, J.C.; COUTO FILHO, C.C.C.; SOUZA, R.M. Composição química da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.6, p.1184-1189, 2006.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagem de cana-de-açúcar**. 2006. 229f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; WECHSLER, F.S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das

silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007 (supl.)

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

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979.

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

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

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F; AMARAL, R.C. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007.

SOUSA, D.P. **Avaliação de aditivos químicos e microbianos como inibidores da síntese de etanol em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2006.147f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.7, p.1793-1800, 2002.

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

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

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

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.169-213, 1991.

ZOPOLLATO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.spe, p. 170-189, 2009.

CAPÍTULO 2

**HIDRÓXIDO DE CÁLCIO (Ca(OH)_2) E BACTÉRIAS HETEROFERMENTATIVAS
COMO ADITIVOS EM SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum
officinarum* L.) E SEUS EFEITOS SOBRE A COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E
DINÂMICA FERMENTATIVA**

**HIDRÓXIDO DE CÁLCIO (Ca(OH)₂) E BACTÉRIAS HETEROFERMENTATIVAS
COMO ADITIVOS EM SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum
officinarum* L.) E SEUS EFEITOS SOBRE A COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E
DINÂMICA FERMENTATIVA**

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi estudar as características de fermentação e qualidade nutricional das silagens de cana-de-açúcar, variedade IAC 862480, ensilada pura (tratamento controle-T1), com inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas- T2), inoculadas com bactérias heteroláticas (*Lactobacillus buchneri*- T3), ou tratadas com hidróxido de cálcio (Ca (OH)₂) (inclusão de 0,8%- T4, 1,3%-T5 e 1,8%-T6 a massa verde). Avaliou-se a composição química bromatológica, pH, ácidos graxos voláteis, etanol, nitrogênio amoniacal, digestibilidade *in vitro* e recuperação de matéria seca (RMS) num delineamento estatístico inteiramente casualizado composto de 6 tratamentos e três repetições cada. Os tratamentos T2 e T3 apresentaram desempenho semelhante ao T1 para todas as variáveis da composição bromatológica das silagens. Silagens contendo aditivos alcalinos (Ca (OH)₂) foram mais eficientes na redução dos componentes da parede celular da cana-de-açúcar em relação ao T1, melhorando a DIVMS. Ao avaliar a RMS e as perdas fermentativas no processo de ensilagem, verificou-se mais uma vez muita semelhança do T1 e com a silagem T2, exceto o teor de etanol que foi menor em T2. Fato que não indica superioridade desta silagem em relação ao controle, uma vez que as RMS e DIVMS foram consideradas iguais estatisticamente ao T1. Silagens inoculadas com *L. buchneri*- T3 reduziram o teor de etanol e apresentaram boa RMS, mas não superaram os resultados apresentados pelos tratamentos com hidróxido de cálcio. Os tratamentos T4, T5 e T6 foram eficientes em controlar a fermentação alcoólica, associada a menor perda de MS e produção controlada de ácidos orgânicos semelhante aos teores relatados na literatura.

Palavras- chave: Cana-de-açúcar, hidrólise, hidróxido de cálcio, inoculante, *L. buchneri*, *Propionibacterium* sp, silagem.

CALCIUM HYDROXIDE (Ca(OH)₂) AND HETEROFERMENTATIVE BACTERIA AS ADDITIVE IN SUGARCANE (*Saccharum officinarum* L.) SILAGE AND ITS EFFECTS ON THE BROMATOLOGICAL VALUES AND FERMENTATIVE DYNAMICS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of biological and chemical additives on the fermentative characteristics and nutritional quality of sugarcane (IAC 862480) silages. The trial was carried out in a completely randomized experimental design with factorial scheme of six treatments and three replicates per treatment. The treatments were based on the sugarcane silage additive: heterolactic bacteria (*Lactobacillus buchneri*), bacteria + enzyme (*Propionibacterium* sp associated with amylolytic enzymes), 0,8% Ca(OH)₂, 1,3% Ca(OH)₂, 1,8% Ca(OH)₂ and crude sugarcane silage (control treatment). The treatments with *Propionibacterium* sp and amylolytic enzymes and with *L. buchneri* had bromatological results similar to the control treatment. The *Propionibacterium* sp and amylolytic enzymes silages showed lower ethanol levels when compared to the crude sugarcane silage. However, this fact does not indicate the superiority of *Propionibacterium* sp additive compared to control, since the dry matter recovery and the dry matter *in vitro* digestibility did not differ statically (P > 0,05) from the control treatment. Silages inoculated with *L. buchneri* reduced the level of ethanol and showed good dry matter recovery, but did not surpass the results presented by treatments with hydrated lime. Silages with alkaline additives (calcium hydroxide) were more effective in reducing the sugarcane's cell wall compounds than the control treatment, improving the dry matter *in vitro* digestibility. Treatments with calcium hydroxide were effective in controlling the alcoholic fermentation and had lower loss of dry matter.

Key words: Calcium hydroxide, hydrolysis, inoculants, *L. buchneri*, *Propionibacterium* sp, silage, sugarcane.

1- INTRODUÇÃO

Como planta forrageira, a cana-de-açúcar tem como vantagens o fácil cultivo, o grande volume de produção no período de escassez de forragens verdes, a boa aceitação animal e o baixo custo por tonelada de MS (MORAES et al., 2006). Em desvantagem, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína e minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal.

Fatores como excesso de produção, pouca disponibilidade de mão-de-obra e máquinas para o seu corte diário, colheita no momento de melhor qualidade nutricional, antecipação de colheita em casos de reforma, uniformização da rebrota, minimização das sobras de um ano para o outro, racionalização de mão de obra, controle de risco de perda por fogo ou geada e padronização da adubação e uso de herbicidas, podem favorecer uma decisão pela sua ensilagem, apesar da menor digestibilidade e consumo da cana ensilada, quando comparada com a cana *in natura* (THIAGO; VIEIRA, 2002; BALIEIRO NETO et al., 2005). Entretanto, ocorrem problemas devido à reação bioquímica da produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar, catalisada via fermentativa por leveduras, com alta produção de CO₂ e volatilização do álcool, levando a perdas consideráveis (BALIEIRO NETO et al., 2005).

Existem demonstrações que a ensilagem da cana-de-açúcar sozinha ocasiona redução acentuada no seu valor nutritivo (KUNG JR.; STANLEY 1982; ANDRADE et al., 2001). Verificou-se redução na DIVMS de 66,4% para 55,3% e no consumo voluntário de 7,1% para 5,7% do peso vivo, em ovinos alimentados com rações contendo cana *in natura* e silagem de cana, respectivamente (ALCÂNTARA et al., 1989).

A maioria das pesquisas desenvolvidas tem avaliado a eficiência da aplicação de aditivos químicos e inoculantes microbianos para inibir a fermentação alcoólica característica desse material (NUSSIO; SCHMIDT, 2004), melhorando assim o

padrão de fermentação e conservação das silagens, promovendo o desenvolvimento dos microrganismos benéficos, como bactérias produtoras de ácido lático, e a inibição dos indesejáveis, como as leveduras e *Clostrídios* sp. Apesar da crescente demanda de informações sobre a ensilagem de cana-de-açúcar, observa-se reduzido desenvolvimento científico em relação ao uso de aditivos que proporcionem diminuição das perdas de matéria seca e valor nutritivo da forragem ensilada (PEDROSO, 2003).

Como aditivos promissores, encontram-se agentes alcalinizantes, como óxido e hidróxido de cálcio, inoculantes microbianos como bactérias dos gêneros *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri* e *Propionibacterium* sp. Balieiro Neto e colaboradores (2009) observaram redução nos constituintes da parede celular e aumento na digestibilidade in vitro (DIVMS) das silagens, decorrente dos níveis crescentes (0,5; 1,0 e 2,0%) de cal virgem aplicados.

Aditivos contendo bactérias heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri* e *Propionibacterium* sp) que produzem ácido acético, além do ácido lático, melhoram a estabilidade aeróbia das silagens em razão do maior poder do ácido acético de inibir o crescimento de leveduras e mofos (PEDROSO, 2003).

O objetivo neste trabalho foi estudar as características de fermentação e qualidade nutricional das silagens de cana-de-açúcar, variedade IAC 862480, comparando-se a inoculação com bactérias heteroláticas, inoculante bacteriano/enzimático ou tratadas com hidróxido de cálcio.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Uberlândia- MG, com início em 15 de agosto de 2008. O município de Uberlândia, localizado na região nordeste do Triângulo Mineiro, possui clima semitropical, que se caracteriza por alternância de invernos secos e verões chuvosos.

As silagens foram confeccionadas com cana de açúcar variedade IAC 862480, colhida manualmente aos 18 meses de crescimento (segundo corte), fornecidas pela Fazenda Douradinho - Água Comprida, localizada também no

município de Uberlândia. Este canal foi adubado somente na sua formação. Uma picadora estacionária, marca Mentamint ®, tracionada por um trator, foi regulada para picar entre 5 e 10 mm.

A cana-de-açúcar colhida, picada e submetida aos seguintes tratamentos:

- 1- Controle, somente silagem- T1
- 2- Inoculante bacteriano/enzimático – *Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas - $1,5 \times 10^5$ ufc/g de massa verde- T2
- 3- Inoculante bacteriano *L. buchneri* – $5,0 \times 10^4$ ufc/g de massa verde- T3
- 4- 0,8% de cal hidratada (produto comercial) - T4
- 5- 1,3% cal hidratada (produto comercial)- T5
- 6- 1,8% cal hidratada (produto comercial) - T6

Porções de 50 kgs de cana-de-açúcar fresca picada receberam suas respectivas doses de tratamento, em piso de cimento. Todos os aditivos foram diluídos em água. Após aplicação dos aditivos por meio de pulverizadores manuais, o material foi revolvido inúmeras vezes para se atingir uma boa homogeneidade da massa.

O tratamento T3 com o *L. buchneri* cepa 40488, seguiu a recomendação do fabricante (nome comercial do produto Lalsilcana®). De acordo com as especificações do produto, 2 g diluídas em 5 litros de água é o suficiente para garantir a inoculação de $5,0 \times 10^4$ ufc/g de massa verde em uma tonelada de forragem. Assim como o tratamento com *Propionibacterium* sp (nome do produto Biomax / Cana®), 2 g diluídas em dois litros de água inoculam eficientemente ($1,5 \times 10^5$ ufc/g) uma tonelada de matéria original.

Para os tratamentos com hidróxido de cálcio, os produtos foram diluídos em água (2 litros) para atingir as concentrações determinadas (0,8%, 1,3% e 1,8%) na massa verde. A cal hidratada calcítica (Calcinação Nossa Senhora da Guia Ltda®) utilizada é devidamente registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para tratamento de água potável, indústrias químicas, etc.

Tabela 4- Níveis de garantia do hidróxido de cálcio utilizado.

Ca (OH) ₂	mínimo de 90,00 %
MgO	máximo de 1,00 %
CaCO ₃	máximo de 5,50 %
H ₂ O	máximo de 1,50 %
Mg (OH) ₂	máximo de 2,20 %
Garantias: Granulometria: pen 100 - máximo de 2,20 %	

Foram utilizados 18 silos de laboratório, de PVC, com capacidade de 4 litros cada. Estes foram pesados vazios, preenchidos com o material tratado, compactados, identificados e fechados com fita adesiva. Os silos de laboratório foram acondicionados, em local coberto, a temperatura ambiente.

Na tampa de cada silo foi adaptada uma válvula, do tipo Bulsen, para permitir o escape dos gases formados durante a fermentação. Para se estabelecer uma padronização nas densidades dos diferentes tratamentos, camadas de 5 cm de forragem eram compactadas com um bastão de madeira para atingir densidade adequada, de maneira uniforme entre os tratamentos.

Como prevenção à inter-contaminação dos tratamentos, os pulverizadores foram trocados entre as aplicações.

Durante este processo de enchimento foram retiradas amostras para determinação de matéria seca e pH. Os silos foram pesados depois de preenchidos e fechados. Os pesos individuais dos silos, o peso líquido dos silos cheios após a compactação não apresentaram diferença estatística entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os 18 silos de PVC foram abertos aos 45 dias após a ensilagem, e os pesos líquidos finais também não apresentaram diferença estatística entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Após a retirada da silagem, as extremidades foram descartadas e o conteúdo foi homogeneizado. De cada tratamento, foram recolhidas cinco amostras de aproximadamente 500g. Uma amostra de cada tratamento foi enviada para avaliação imediata do pH. As demais amostras foram congeladas a -20°C para posterior análises bromatológicas e químicas e contraprova.

2.1 - Avaliação química bromatológica

As 18 amostras de cana-de-açúcar colhidas no momento da ensilagem e após a abertura dos silos foram secas em estufa a 62°C por 72 horas e moídas em moinho contra peneira de crivos de 1 mm e armazenadas. As amostras processadas serviram de material para a análise bromatológica do Laboratório de Nutrição Animal da FAMEV-UFU. Foram analisadas as concentrações de MS, MM, PB, EE, análise das frações minerais de cálcio (Ca) e Fósforo (P), conforme Silva (1990). Os teores de FDA, FDN, LIG, CEL, HEM foram avaliadas pelo método sequencial segundo Robertson e Van Soest (1981). Os teores de hemicelulose foram calculados por diferença entre FDN e FDA, os de lignina pela diferença entre FDA e CEL e a matéria orgânica pela diferença entre MS e MM. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos conforme McDowell e colaboradores (1974).

2.2 - Recuperação de Matéria Seca

Os 6 tratamentos, contendo 3 silos de PVC cada, foram avaliados quanto as perdas de matéria seca e gás, através da variável Recuperação de Matéria Seca (RMS). Calculou-se as perdas de matéria seca pela diferença entre o peso bruto inicial e o final dos silos experimentais, em relação à quantidade de forragem ensilada (MS). O Índice de Recuperação de Matéria Seca (JOBIM et al., 2007), foi calculado empregando a seguinte equação:

$$RMS = (MFab \times MSab) / (MFfe \times MSfe) \times 100$$

Onde:

RMS = índice de recuperação de matéria seca;

MFab = massa de forragem na abertura;

MSab = teor de MS na abertura;

MFfe = massa de forragem no fechamento;

MSfe = teor de MS da forragem no fechamento.

2.3 - Determinações do pH, AGV's, etanol e ácido lático, N-amoniacoal e DIVMS

O padrão de fermentação das silagens foi analisado pelo Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG. Isto foi feito por meio da determinação do pH, dos ácidos graxos voláteis (AGV's), etanol e do nitrogênio amoniacoal da amostra e da matéria seca. Os AGV's foram determinados pela cromatografia em gás líquido.

Uma amostra foi utilizada para extração do suco, por meio de prensa hidráulica, que foi mantido congelado em *freezer*, para determinação dos teores dos ácidos acético, propiônico, butírico e lático e da concentração de álcool etílico. Para análise do nitrogênio amoniacoal, por meio da destilação com cloreto de cálcio e óxido de magnésio, utilizando-se o ácido bórico como solução receptora e o ácido clorídrico para a titulação e a determinação do pH, o suco das silagens foi utilizado imediatamente após sua extração. O teor de nitrogênio amoniacoal foi inicialmente expresso em miligramas por 100 ml de suco de silagem (N-NH₃, em mg%). Após as análises de matéria seca e proteína bruta, o nitrogênio amoniacoal foi expresso como porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃ /NT).

As amostras foram avaliadas ainda quanto à digestibilidade *in vitro*. Esta análise consistiu em colocar amostras de forrageiras em contato com o líquido de rúmen acrescido de um tampão (inóculo) no interior de um tubo de ensaio. Assim, tentou-se simular o que ocorre *in vivo*, reproduzindo as condições predominantes no rúmen-retículo, com a presença de microorganismos, anaerobiose, temperatura de 39°C, poder tampão e pH de 6,9. O processo de fermentação ocorreu durante 24 a 48 horas. Estas análises de DIVMS também foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG.

2.4 - Análise estatística

Os resultados das análises bromatológicas e químicas dos tratamentos foram comparados com vistas a determinar a qualidade do volumoso. O delineamento

estatístico utilizado para a avaliação das silagens foi inteiramente casualizado, sendo 6 tratamentos e três repetições.

Os resultados das variáveis acompanhadas foram submetidas á análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi feita análise de regressão polinomial para as variáveis quantitativas (FERREIRA, 1999).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Composição química bromatológica e valor nutritivo das silagens

A composição química-bromatológica da cana-de-açúcar fresca utilizada nos diversos tratamentos deste experimento esta apresentada na Tabela 5.

Tabela 5- Composição química da cana-de-açúcar in natura IAC 862480, utilizada na silagem (base seca).

Variável	Cana-de-açúcar
MS (%)	30,2
PB (%)	2,56
EE (%)	0,85
MM (%)	2,4
MO (%)	27,8
Ca (%)	0,18
P (%)	0,07
FDA (%)	26,10
FDN (%)	50,85
LIG (%)	5,78
CEL (%)	27,7
HEM (%)	24,75
NDT (%)	69,83

Os valores encontrados para MS, PB e FDN estão coerentes com os dados compilados por Maldonado (2007), o qual indicou valores MS variando entre 22,9% e 35,2%, PB entre 1,5% e 4,1%, e FDN de 29,9 a 57,3%. A FDA apresentou-se menor do que o menor valor revisado (28%) por Maldonado (2007), devido a características da variedade IAC 862480, que apresenta menores valores de FDN,

FDA, CEL, e LIG (LANDELL et al., 2002; SCHMIDT, 2006). O valor de EE está na faixa descrita por Mello e colaboradores (2006), de 0,61% a 0,89% da MS.

Valores baixos de minerais como Ca e P foram encontrados neste experimento, assim como relatado por Oliveira e colaboradores (2007). Esta variedade apresentou valor de NDT superior aos encontrados por Thiago e Vieira (2002) e Oliveira e colaboradores (2007), que encontraram valores médios de 58,9% e de 55% a 60% de NDT respectivamente.

Os resultados da MS no momento da ensilagem e o conteúdo de MS das silagens após abertura dos silos (Tabela 6), nos diversos tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si ($P > 0,05$), através do teste de correlação linear (FERREIRA, 1999).

Tabela 6- Teores de matéria seca (MS%) antes da ensilagem e após abertura dos silos em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Item	Tratamentos ¹						CV(%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
MS (%) ensilagem	30,20 ^{A,a}	28,63 ^{A,a}	29,06 ^{A,a}	28,95 ^{A,a}	29,43 ^{A,a}	30,84 ^{A,a}	-
MS(%) abertura	20,41 ^{A,b}	18,89 ^{A,a}	24,40 ^{A,c}	27,3 ^{A,d}	28,10 ^{A,d}	29,45 ^{A,e}	1,63

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas); T3- Inoculante bacteriano *L. buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1,8% hidróxido de cálcio na MV

Com relação ao teor de MS na abertura das silagens, todos os tratamentos apresentaram diferenças entre si ($P < 0,05$), provenientes das perdas de MS durante a fermentação, exceto T4 e T5 que se mostram iguais estatisticamente ($P > 0,05$). Sendo que o tratamento T6 apresentou maiores médias de MS (29,45%), seguido pelo T4 e T5 (27,3%), T3 (24,4%), T1 (20,41%) e as silagens com inoculantes bacterianos/enzimáticos (T2), que apresentaram menor média (18,89%). Este fato pode ser explicado pelo tratamento T2 ser inoculado com bactérias do gênero *Propionibacterium* sp, que são inibidas em pH inferior a 4,2–4,5 (KUNG JR. et al., 2003), resultando em uma maior atividade de leveduras, o que pode ter acarretado perdas gasosas em maior escala e elevado consumo de carboidratos solúveis.

O teor de MS das silagens aumentou linearmente com o nível de cal, assim como observado por Cavali e colaboradores (2006), que explicam o fato pela capacidade de retenção de água da cal. Segundo Amaral e colaboradores (2009), ensilando cana-de-açúcar sem aditivo ou tratada com 1,0% (massa verde) de cal virgem ou calcário, os teores de MS também aumentaram nas silagens tratadas, sendo maior com 1% de calcário (32,1%) ou com 1% de cal virgem (30,5%) comparadas a silagem controle (28,3%).

Diferente de dados apresentados neste trabalho, no qual os teores de MS dos T2 e T3 são diferentes entre si ($P < 0,05$), e o T3 apresentou-se superior no teor de MS (24,4%) comparada ao controle, Ferreira e colaboradores (2007) observaram redução do conteúdo de MS em todas as silagens aditivadas com inoculantes biológicos. Estes autores relatam média de 21,1% MS para silagens com inoculantes biológicos e 28,7% para o material original. Freitas e colaboradores (2006) apresentaram dados em que os tratamentos controle e com a adição dos inoculantes microbianos apresentaram níveis muito baixos de MS (aproximadamente 20,7%).

Resultados semelhantes aos obtidos por este experimento, em relação às variações na MS, foram apontados também por Roth e colaboradores (2007a), que encontraram variações na MS menor nas silagens tratadas com cal e associação desta com *L. buchneri*. Do mesmo modo, a recuperação da matéria seca (RMS) desses tratamentos apresentou-se maior e as perdas por gás e produção de efluentes menores, evidenciando ação benéfica da cal no controle de leveduras ocasionando menor redução nos teores de carboidratos solúveis durante o processo fermentativo.

Os resultados da PB, MM, Ca e P das silagens após abertura dos silos, nos diversos tratamentos estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7- Valor de PB, MM, Ca e P das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca).

Item	Tratamentos ¹						CV(%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
PB (%)	2,19 ^d	2,11 ^d	2,16 ^d	1,9 ^c	1,7 ^b	1,44 ^a	2,99
MM (%)	3,11 ^b	2,75 ^{a, b}	2,61 ^a	4,66 ^c	5,37 ^d	5,97 ^e	3,36
Ca (%)	0,23 ^b	0,20 ^a	0,20 ^a	0,29 ^c	0,32 ^d	0,36 ^e	4,02

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas); T3- Inoculante bacteriano *L. buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1,8% hidróxido de cálcio na MV

No momento da abertura dos silos, os teores de PB não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) entre T1, T2, e T3. Mas decresceram linearmente e foram estatisticamente diferentes ($P < 0,05$), à medida que se aumentou o teor de hidróxido de Ca, em T4 (1,9%), T5 (1,7%) e T6 (1,44%), semelhantes aos dados apresentados por Cavali e colaboradores (2006) e Santos (2007). Estes resultados também coincidem com Balieiro Neto e colaboradores (2007), no qual a PB das silagens diferiu apenas entre as silagens controle e com 2% de aditivo, que apresentou teor de PB inferior. Junqueira (2006) observou valores mais altos de PB em seu trabalho, 3,5% para o controle e 3,39% para tratamento da silagem com *L. buchneri*.

Ferreira e colaboradores (2007) encontraram teores de PB das silagens testemunha e tratadas com zeólita, inoculante comercial bacteriano e inoculante comercial bacteriano/enzimático entre 2,1% e 3,1%, corroborando com os dados obtidos neste estudo. De acordo com Balieiro Neto e colaboradores (2007), o processo fermentativo da cana-de-açúcar tem pouco efeito na degradação da proteína. Ao contrário do que parece, um aumento do teor de PB após a ensilagem não é indicativo de melhora na qualidade da silagem. Se ocorre um aumento nesta fração, provavelmente não equivale a síntese de PB, mas ao consumo de carboidratos solúveis por leveduras durante a fermentação e que após abertura ocasiona aumento proporcional do teor de PB.

Os valores de MM diferiram entre os tratamentos ($P < 0,05$) e foram maiores nas silagens tratadas com cal (T4, T5 e T6), variando entre 4,66% a 5,67% da MS. Aumentou conforme foi se acrescentando a dose do composto químico, o que

possivelmente está relacionado ao fato de os aditivos serem de origem mineral e apresentarem grande proporção desta fração em sua composição. Santos e colaboradores (2009) também verificaram aumento no teor de cinzas em silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e calcário. Na silagem com 1,0% de cal virgem, os autores encontraram valor de 6,1%, ao passo que, na silagem contendo 1,0% de calcário, constatou-se valor de 4,7% de cinzas. Avaliando silagem de cana-de-açúcar tratadas com 1,0%, 2,0% e 3,0% de NaOH, Pedroso e colaboradores (2007) observaram valores superiores, com elevação na fração mineral, com valores de 9,1, 11,0 e 11,2% da MS, respectivamente. Provavelmente devido às maiores doses de agente alcalino utilizados.

Os valores de cálcio apresentaram-se iguais estatisticamente ($P>0,05$) apenas entre o T2 e T3 (menores valores, ambos 0,20% da MS). Foram diferentes estatisticamente entre si ($P<0,05$) nos demais tratamentos. Seu valor foi maior no T4 (0,29%), T5 (0,32%) e T6 (0,36%), fato explicado pelo teor de Ca acrescentado pela cal. Os teores de fósforo apresentaram maiores valores nos tratamentos com cal, e não apresentando diferença estatística entre estes tratamentos químicos. Visto os resultados encontrados neste trabalho, não ocorre nenhum desbalanceamento de Ca: P, com adição de cal hidratada, nestas concentrações propostas no material ensilado, que possam vir a alterar o metabolismo do animal que irá consumir a silagem.

A composição da parte fibrosa das silagens em estudo estão apresentadas na Tabela 8, e são semelhantes aos relatados na literatura.

Tabela 8- Valores de FDA, FDN, LIG, CEL e HEM das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca).

Item	Tratamentos ¹						CV(%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
FDA (%)	36,48 ^d	36,57 ^d	36,19 ^d	32,27 ^c	30,38 ^b	26,10 ^a	1,08
FDN (%)	54,89 ^d	55,47 ^{d, e}	54,98 ^{d, e}	47,83 ^c	46,96 ^b	42,56 ^a	0,38
LIG(%)	7,34 ^d	7,63 ^d	7,30 ^d	6,28 ^c	4,97 ^b	4,52 ^a	2,31
CEL (%)	30,96 ^{c, d}	30,49 ^{c, d}	31,04 ^d	30,37 ^c	29,70 ^b	28,96 ^a	0,79
HEM (%)	18,31 ^c	18,89 ^c	18,79 ^c	15,56 ^a	16,51 ^b	16,46 ^b	1,86

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si (P<0,05) pelo teste Tukey.

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas); T3- Inoculante bacteriano *L. buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1,8% hidróxido de cálcio na MV

Os valores de FDA (Tabela 8) foram considerados iguais estatisticamente (P>0,05) entre o grupo controle (T1) e os dois grupos inoculados com aditivos biológicos (T2 e T3), corroborando com os achados de Santos (2007). Apresentaram média de 36,48% de FDA, sendo valores maiores que os encontrados nos demais tratamentos. Segundo Ávila e colaboradores (2008), silagens inoculadas com *L. buchneri* obtiveram teores iguais estatisticamente de FDA (30,54%) em relação à silagem sem inoculante (36,48%). Este fato foi observado no presente estudo, que também não apontou diferença estatística entre o T1 e o T3. Apoiando também os dados do experimento, Queiroz (2006), trabalhando com aditivos microbianos em silagens de cana-de-açúcar, também observou elevado teor de fibra nas silagens controle em relação à cana-de-açúcar fresca, e tratada com dose comercial de *L. buchneri* (resultados semelhantes ao controle).

Em silagens de cana-de-açúcar, aumentos percentuais da fração fibrosa do material ensilado em relação ao material original podem ser observados como resultado de perdas de MS na forma de gases, em razão da fermentação alcoólica por leveduras (MURARO, 2007).

Os teores de FDA neste experimento foram decrescendo a medida que aumentou-se a dosagem da cal hidratada, sendo o menor valor obtido no T6. Os tratamentos químicos (T4, T5 e T6) foram diferentes estatisticamente (P<0,05) entre si. Os tratamentos que apresentaram menores teores de FDA foram os que

resultaram menores valores de FDN, LIG, CEL, HEM, ou seja, redução de todos os componentes da parede celular, e também maiores RMS (Tabela 10).

Os teores de FDN (Tabela 8) apresentaram diferença estatística ($P < 0,05$) entre os tratamentos T4, T5 e T6 (tratamentos com diferentes doses de cal hidratada). Sendo que o T6 apresentou menor concentração de FDN dentre todos os tratamentos (42,56%), seguido pelo T5 (46,96%) e por T4 (47,83%). As silagens inoculadas com agentes alcalinos apresentaram redução desta fração frente a silagem controle. Balieiro Neto e colaboradores (2007) analisaram os efeitos do óxido de cálcio aplicado no momento da ensilagem nas doses de 0,5; 1,0 e 2,0% e também constataram, no momento da abertura dos silos, teores de FDN e FDA menores nas silagens com doses mais altas de aditivo. Estes aditivos alcalinizantes podem ter reduzido a fermentação indesejável, possibilitando maior recuperação dos CNF e, conseqüentemente, menor aumento na concentração ou acúmulo de FDA e FDN (SIQUEIRA et al., 2007).

Os valores de FDN do grupo controle (T1), T2 e T3 foram iguais estatisticamente entre si ($P > 0,05$), mas diferentes dos demais tratamentos com aditivos químicos. Segundo Van Soest (1994), a fração fibrosa do material ensilado pode ser acrescida percentualmente em condições de intensa formação de efluentes durante o processo fermentativo, no qual os componentes solúveis em água são reduzidos proporcionalmente ao aumento na fração menos fermentável insolúvel em água, particularmente os constituintes da parede celular. Pode-se apontar que neste trabalho, que os tratamentos T1, T2 e T3 provavelmente apresentaram maiores perdas por efluentes, visto o aumento nas frações FDN e FDA destes.

Os baixos teores de FDN e FDA apresentados na Tabela 8, para os tratamentos aditivados com as diferentes doses de hidróxido de cálcio estão condizentes com os resultados de Santos e colaboradores (2008), que com a utilização de óxido de cálcio reduziu a concentração de componentes da parede celular nas silagens aditivadas em relação à silagem controle. Segundo estes autores, doses de 1,0% e 1,5% de CaO resultaram em silagens com menores valores de FDN (52,56% e 54,8% respectivamente) e menores valores de FDA (35,4% e 35,07%, respectivamente) quando comparados a silagens controle (67,1%

e 43,78%, de FDN e FDA, respectivamente) e também em relação ao tratamento com inoculação de *L. buchneri* (65,12% e 47,78% de FDN e FDA, respectivamente).

Cavali e colaboradores (2006) observaram efeito de diferentes doses de óxido de cálcio nas frações da parede celular da cana-de-açúcar. Segundo esses autores, doses de 1,73 e 1,49% de CaO resultaram em silagens com teores mínimos de FDN e FDA (38,6 e 22,5%, respectivamente), estes valores, no entanto, foram mais baixos em relação aos aqui encontrados. As diferenças numéricas entre os valores de FDN e FDA, apresentados neste trabalho, em relação à literatura comparada, podem ser justificadas pelo fato das variedades e a idade de corte das canas-de-açúcar utilizadas nos trabalhos confrontados serem diferentes.

Outro componente da parede celular, a lignina apresentou diferença estatística entre os tratamentos ($P < 0,05$) alcalinos, conforme ilustrado na Tabela 8. Os tratamentos T1, T2 e T3 são iguais estatisticamente entre si ($P > 0,05$), apresentando valor médio de 7,3%. Mas estes foram diferentes estatisticamente dos outros tratamentos, que apresentaram redução da variável à medida que aumentou-se a adição de cal hidratada (BALIEIRO NETO et al., 2007; CAVALI et al., 2006). Dos tratamentos propostos, o menor teor de LIG foi encontrado em T6 (4,52%), seguido por T5 (4,97%). Ambos apresentaram teores menores de lignina do que a silagem controle.

Coan e colaboradores (2002), avaliando a composição química da cana-de-açúcar fresca e ensilada, observaram aumento nos teores de: FDN, 42,1% para 54,95%; e LIG, de 6,8% para 7,2%, respectivamente, para cana *in natura* e ensilada sem nenhum aditivo, comprovando redução no valor desta.

Dados divergentes dos teores de lignina apresentados neste trabalho foram descritos por Amaral e colaboradores (2009), onde as silagens controle e tratadas com 1,0% de cal virgem não diferiram estatisticamente e apresentaram valor médio de 7,2%. De acordo com Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação deste leva ao aumento da taxa de digestão da fibra. A limitação da digestão deve-se à função física da lignina como substância que favorece a rigidez parietal, bem como às características de suas ligações químicas com os polissacarídeos estruturais também conhecida como

fração lignocelulósica, à inibição da atividade enzimática ou mesmo à inter-relação de todos estes fatores.

Os tratamentos T1, T2, T3 e T4, não apresentaram diferença estatística entre si ($P > 0,05$) quanto à variável celulose. T5 e T6 foram considerados estatisticamente diferentes dos demais tratamentos, apresentando um ligeiro decréscimo nos valores da fração celulósica à medida que se aumentou a dosagem de cal hidratada (29,70% e 28,96% respectivamente).

Em relação a variável hemicelulose, os tratamentos inoculados com bactérias (T2 e T3) apresentaram-se iguais estatisticamente ao controle ($P > 0,05$). Corroborando com Santos e colaboradores (2008), que não verificaram diferença entre as silagens controle e silagens aditivadas com *L. buchneri* quanto à fração hemicelulose. Foi observada redução da fração HEM em T4, T5 e T6. Nas silagens tratadas com aditivos alcalinizantes, além do menor consumo de componentes solúveis, pode ter havido também hidrólise alcalina na porção fibrosa, com solubilização parcial da HEM, em virtude dos menores teores de FDN e das menores concentrações de hemicelulose nessas silagens (AMARAL, et al., 2009; JACKSON, 1977; KLOPFSTEIN, 1980).

Ferreira e colaboradores (2007), submetendo silagens de cana-de-açúcar aos tratamentos: controle; 0,5% uréia; 0,5% zeólita; 0,5% uréia e 0,5% zeólita; inoculante bacteriano comercial (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus*); inoculante bacteriano/enzimático comercial (*Lactobacillus plantarum* PA-28TM e K-270TM) constataram que após a abertura das silagens, as concentrações de FDN, FDA, CEL e HEM aumentaram em relação à *in natura*, apresentando média entre os tratamentos de 68,6%, 39,6%, 34,5% e 29,1%, respectivamente. Como a ensilagem de cana-de-açúcar foi caracterizada por acúmulo dos componentes da parede celular, os aditivos avaliados por Ferreira e colaboradores (2007) não foram eficientes em evitar as perdas durante a fermentação. Fato demonstrado neste experimento pelos tratamentos T2 e T3, que foram semelhantes ao controle em todas as variáveis constituintes da parede celular.

Tabela 9- Valores de NDT e DIVMS das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca).

Item	Tratamentos ¹						CV(%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
NDT (%)	62,82 ^a	61,93 ^a	63,76 ^b	66,39 ^c	66,89 ^{c, d}	67,57 ^d	0,5
DIVMS (%)	57,61 ^a	58,38 ^a	66,65 ^b	73,53 ^c	76,97 ^c	78,27 ^c	3,35

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas); T3- Inoculante bacteriano *L. buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1,8% hidróxido de cálcio na MV

Notou-se pouca variação nos teores de NDT. Apresentaram iguais estatisticamente ($P > 0,05$) T1 e T2, apresentando os menores valores (62,3%). Os tratamentos alcalinos, T4 e T5, e T5 e T6, também não apresentaram diferença entre si, proporcionando melhores teores de NDT.

As silagens contendo *Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas (T2) apresentaram menor DIVMS (58,38%) dentre os tratamentos e foi igual estatisticamente ($P > 0,05$) ao grupo controle. Seguidos pela silagem contendo *L. buchneri* (66,65%). Os tratamentos com cal hidratada não apresentaram diferença estatística entre si, apresentando os maiores valores de DIVMS (média de 76,25%) dentre os tratamentos. Dados semelhantes aos de Santos e colaboradores (2009), que ao analisar o valor nutritivo de silagens com os seguintes aditivos: *L. buchneri*, 1,0 e 1,5% de cal virgem, 1,0 e 1,5% calcário e gesso, observaram no grupo contendo *L. buchneri* valores próximos de DIVMS ao controle (49,06% e 48,74% respectivamente). Estes valores foram numericamente baixos comparados aos obtidos no presente estudo, provavelmente devido a diferente variedade de cana-de-açúcar utilizada como matéria original. De acordo com Freitas e colaboradores (2006), os tratamentos com *L. plantarum* e *L. buchneri* também não apresentaram diferenças significativas na DIVMS em relação ao tratamento controle ($P > 0,05$), com média de 58% de DIVMS, valor bem semelhante numericamente ao apontado nesse presente estudo.

Valores semelhantes de DIVMS obtidos nos tratamentos contendo cal hidratada foram também descritos no trabalho de Santos e colaboradores (2009), que encontraram valores próximos da DIVMS para os tratamentos com 1,0% e 1,5% de cal virgem (70,45% e 74,21%, respectivamente). Balieiro Neto e colaboradores (2005) e Cavali e colaboradores (2006) também observaram DIVMS máxima em seus tratamentos com 2% de cal virgem (79,23%) e 1,8% de cal virgem (81,2%).

Estes níveis altos de DIVMS em T4, T5 e T6 podem ser justificados pelos menores teores de FDN, FDA e HEM das amostras, resultado da ação dos agentes alcalinizantes, que atuaram solubilizando a porção fibrosa da cana-de-açúcar, (SCHMIDT et al., 2007). Em silagens que apresentaram maiores teores de componentes da parede celular (inoculadas com *Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas, *L. buchneri* e controle) proporcionaram os menores coeficientes de DIVMS (Tabela 8 e 9).

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram desempenho similar ao tratamento controle para todas as variáveis acima mencionadas, e estes resultados foram semelhantes à literatura consultada (ÁVILA et al., 2008; FERREIRA et al., 2007; FREITAS et al., 2006, SANTOS et al., 2009, SCHMIDT et al. 2007). Exceto para as variáveis MS, NDT e DIVMS, onde o aditivo do T3 (silagens inoculadas com *L. buchneri*) proporcionou pequena melhora nestas, comparadas ao controle. Os tratamentos com aditivos alcalinos (T4, T5 e T6) foram eficientes na redução dos componentes da parede celular da cana-de-açúcar em relação ao controle, melhorando a DIVMS.

Ao comparar os resultados obtidos pelo presente experimento, com cal hidratada, a trabalhos que utilizaram cal virgem como agente alcalino, foram encontradas diferenças mínimas entre os valores apresentados.

3.2 - Perfil fermentativo das silagens

Com o intuito de evitar perdas fermentativas indesejáveis ao processo de ensilagem de cana-de-açúcar, os tratamentos com hidróxido de cálcio (Tabela 10) foram efetivos em aumentar RMS, apresentando valor médio de 93,45%. O T2 se

apresentou semelhante ao controle ($P > 0,05$) e o T3, com adição de *L. buchneri*, um valor superior (77,75%) a silagem de cana-de-açúcar sem inoculantes e aditivos, mas mesmo assim, bem abaixo das silagens contendo cal hidratada. Santos (2007) obteve um valor médio de 83,61% de RMS em seus tratamentos com cal virgem, e um valor próximo aos demonstrados no presente trabalho para a silagem controle (65,69%) e *L. buchneri* (64,22%). A adição de 1,5% de óxido de cálcio promoveu menor perda por gases, melhorou a RMS e o valor nutritivo das silagens (CAVALI et al., 2006). Do mesmo modo Roth e colaboradores (2007b), analisando silagens aditivadas com *L. buchneri*, cal virgem micropulverizada e a associação entre os dois, verificaram que a RMS apresentou-se maior e as perdas por gás e produção de efluentes menores nos tratamentos com cal e associações, evidenciando ação benéfica desta no controle de leveduras ocasionando menor redução nos teores de carboidratos solúveis durante o processo fermentativo. Estes resultados provavelmente se devem ao fato de que a produção de efluentes tenha diminuído, em função da natureza absorviva da cal, gerando menor acúmulo de nutrientes nos componentes da parede celular.

Tabela 10- Perfil fermentativo das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos propostos no momento da abertura dos silos experimentais e índice de recuperação de matéria seca (RMS) (Base seca)

Tratamento ¹	pH	N-NH ₃	Etanol	ACE	PROP*	LAT	BUT [*]	RMS
T1	3,46 ^b	6,79 ^a	20,62 ^d	1,75 ^a	0,08 ^a	6,68 ^a	-	64,60 ^a
T2	3,43 ^b	5,42 ^a	13,12 ^c	1,52 ^a	0,07 ^a	6,98 ^a	0,02	60,23 ^a
T3	3,23 ^a	8,48 ^{a, b}	7,17 ^b	4,21 ^b	0,10 ^a	6,53 ^a	-	77,75 ^b
T4	3,96 ^c	11,5 ^{b, c}	2,87 ^a	3,16 ^{a, b}	0,19 ^a	10,42 ^a	-	90,06 ^c
T5	4,23 ^d	12,25 ^c	1,02 ^a	2,48 ^{a, b}	0,02 ^a	10,07 ^a	-	96,10 ^c
T6	4,43 ^e	10,18 ^{b, c}	0,86 ^a	2,31 ^{a, b}	0,02 ^a	9,89 ^a	0,04	94,19 ^c
CV(%)	1,77	12,91	20,43	30,7	8,33	21,33	2,97	4,83

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp enzimas amilolíticas); T3 - Inoculante bacteriano *L.buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1, 8% hidróxido de cálcio na MV

*Opção de transformação: Raiz quadrada de $Y + 0.5$

Pedroso e colaboradores (2007) também encontraram aumento da RMS quando utilizaram aditivo alcalinizante (hidróxido de sódio) nas doses de 1 a 3%. Possivelmente, a ação alcalinizante do aditivo, por meio da elevação dos valores de pH no momento da ensilagem e pela capacidade de aumento na pressão osmótica do meio, fez com que o ambiente antes favorável ao desenvolvimento das leveduras se tornasse inapropriado, reduzindo perdas por gases nestas silagens. Todos os tratamentos que apresentaram menor variação de MS (T4, T5 e T6), mostraram maior RMS.

De acordo com a Tabela 10, o T6 contendo maior dose de cal hidratada resultou em uma silagem com maior pH no momento da abertura (4,43). Todos os tratamentos foram diferentes estatisticamente entre si ($P < 0,05$), exceto o T2 que se mostrou igual ao controle, se apresentando mais ácidas. O T3 apresentou menor valor de pH encontrado (3,23). O aumento do pH nos T4, T5 e T6 já era esperado, em decorrência da natureza alcalina do produto aplicado (CAVALI et al., 2006, SANTOS et al., 2008, AMARAL et al., 2009). Sendo este aumento compatível com os dados de fermentação, segundo McDonald e colaboradores (1991), silagens de boa qualidade apresentam valores de pH entre 3,6 e 4,2. Entretanto, estudos confirmam que o pH não é um ponto crítico em silagens de cana-de-açúcar e tampouco indicador da qualidade fermentativa desta, uma vez que a produção de etanol mediada por leveduras ocorre mesmo em pH inferior a 3,5. Segundo Santos e colaboradores (2008), os maiores valores de pH nas silagens tratadas com aditivos alcalinizantes são ocasionados pelo seu poder tamponante, uma vez que a dissociação dos átomos presentes nos aditivos químicos gera cargas aniônicas capazes de neutralizar os íons hidrogênio oriundos dos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação, principalmente o ácido láctico.

Silagens com menor pH apresentaram menores concentrações numéricas de ácido láctico. O inesperado sinergismo entre esses parâmetros, que contraria a tendência das fermentações clássicas, pode ser justificado pelo poder tampão (SANTOS et al., 2008). Dessa forma, silagens com altos teores de ácido láctico apresentam maiores valores de pH, em virtude da ação tamponante dos elementos formadores dos aditivos químicos. Além disso, o caráter básico do hidróxido de cálcio eleva o pH da forragem fresca fazendo com que essas silagens apresentem

maior pH mesmo em concentrações semelhantes de ácido láctico. Por outro lado, o tamponamento dos ácidos produzidos pela fermentação serve de estímulo para a maior intensidade de conversão dos açúcares solúveis em ácido láctico, aumentando a concentração desse produto final e evitando a produção de etanol.

O teor de etanol foi máximo nas silagens controle (20,62%), seguidos pelo T2 (13,12%) e T3 (7,17%). Apresentaram menores valores T6, T5 e T4, tratamentos que não se diferenciaram estatisticamente entre si ($P > 0,05$). A produção de etanol em todas as silagens tratadas foi menor que na silagem controle (T1), o que indica que os aditivos controlaram a intensa atividade das leveduras, que possivelmente foram inibidas pelos ácidos fracos produzidos no período de fermentação. Os dados obtidos para a silagem controle confirmam essa informação, pois nessa silagem verificou-se menor teor de RMS. Constatou-se, pelo efeito dos tratamentos, que a maior RMS (tratamentos com cal hidratada) esteve associada a mais baixa produção de etanol, conforme afirmação de Andrade e colaboradores (2001) e McDonald e colaboradores (1991), de que o aumento no teor de MS limita a produção de etanol. O maior teor de etanol desta silagem foi acompanhado pela menor DIVMS (Tabela 9).

Apresentando alta concentração de etanol em T2, há indícios que a inoculação com *Propionibacterium* sp não controlou o desenvolvimento das leveduras, confirmando a informação da literatura de que apenas a redução do pH não é suficiente para impedir o desenvolvimento desses microrganismos e que o ácido láctico tem baixo poder fungicida (MCDONALD et al., 1991). Teores de etanol de 7,8 a 17,5% da MS têm sido observados em silagem de cana-de-açúcar isolada, resultando em perdas de até 29% da MS da silagem (KUNG JR. & STANLEY, 1982; ANDRADE et al., 2001).

O teor de etanol (média de 0,3%) observado nas silagens contendo *L. buchneri* por Schmidt e colaboradores (2007) foi muito diferente do valor encontrado no presente estudo (7,17% MS). Também discrepantes foram os valores de etanol 10 a 15 vezes superiores aos relatados na literatura, por Pedroso e colaboradores (2006), média de 0,48%. Esse baixo teor de etanol não indica necessariamente baixa produção deste componente, mas possivelmente baixa recuperação nas amostragens realizadas, em virtude do tipo de silo utilizado. Estes resultados

indicam que o teor de etanol não é bom padrão de qualidade fermentativa de silagens de cana-de-açúcar produzidas em silos de grande porte, uma vez que a perda por volatilização desse componente parece ser elevada (SCHMIDT et al., 2007).

A concentração de ácido acético (ACE) nas silagens tratadas com os aditivos químicos foi maior numericamente que na silagem controle (Tabela 10). O maior valor numérico do teor de ácido acético foi encontrado nas silagens contendo *L. buchneri* (4,21%), que utilizam o ácido lático para produzir acético e propiônico. Entretanto, este resultado não diferiu estaticamente do tratamento com as três dosagens de cal hidratada. Ranjit e Kung Jr. (2000), utilizando *L. buchneri* na dose de 10^6 ufc/g de forragem, observaram aumento no teor de ácido acético de 1,8% na silagem sem inoculante para 3,6% na silagem inoculada, semelhante ao presente estudo.

Os valores numéricos de ácido acético obtidos pelo T2 e controle foram os menores encontrados (1,52% e 1,75%, respectivamente). Segundo Kung Jr. e colaboradores (2003), as bactérias do gênero *Propionibacterium* sp são inibidas em pH inferior a 4,2–4,5, uma vez que T2 obteve média de 3,43 para pH, esta inativação foi observada, não ocorrendo aumento nos teores de ácido propiônico e acético. Uma alternativa para a utilização do *Propionibacterium* sp seria sua associação com um agente alcalino que permitisse pH maior que 4 e assim estimularia seu crescimento (SIQUEIRA et al., 2007).

Os ácidos butírico (BUT), lático (LAT) e propiônico (PROP) não apresentaram diferença estatística entre os 6 tratamentos executados.

Poucos são os trabalhos que citam concentrações de ácidos orgânicos, principalmente o ácido acético e butírico em silagens de cana-de-açúcar. Schmidt e colaboradores (2007) também não observaram diferença na concentração de ácido butírico em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos e encontraram valores médios de 0,05% da MS. Uma hipótese que pode explicar esse fato, de acordo com McDonald e colaboradores (1991), é que, durante o processo de ensilagem de forragens, inicialmente o grupo de microrganismos que atua na acidificação da massa de forragem é o das enterobactérias, as quais sobrevivem até o momento em que bactérias ácidas lácticas homofermentativas apresentem condições ideais de

desenvolvimento (menores valores de pH), iniciando a conversão de açúcares em ácido láctico. Assim, com a queda de pH, as enterobactérias, que produzem ácido butírico, são inibidas e prevalecem na massa ensilada as bactérias ácido-láticas.

Os únicos microrganismos responsáveis pela formação de ácido propiônico presentes nas silagens são os Clostrídios sp e as espécies de *Propionibacterium* sp, cuja atividade não resulta em prejuízo para a qualidade da silagem (MCDONALD et al., 1991). Estas bactérias produzem o ácido propiônico pela fermentação do ácido láctico. Uma vez que não foi detectada a presença de ácido butírico e que normalmente o pH das silagens de cana-de-açúcar sofre rápida redução, a presença de Clostrídios sp é bastante improvável. As concentrações de ácido propiônico nas silagens avaliadas estão dentro da faixa de 0 a 1%, citada por Mahanna (1993, apud FREITAS et al., 2006), para classificação de silagens de boa qualidade.

O conteúdo de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) das silagens, expresso como porcentagem do nitrogênio total (NT), é amplamente utilizado na avaliação de silagens. Juntamente com o valor de pH, fornece uma indicação da forma que se processou a fermentação (EVANGELISTA et al., 2004). T1, T2 e T3 foram estatisticamente iguais ($P > 0,05$) e apresentaram média de 6,89%, enquanto os demais tratamentos, que não se diferenciaram entre si, mostraram um maior valor médio (11,31%). Dados semelhantes foram divulgados por Ferreira e colaboradores (2007), que observaram teores inferiores a 10% nas silagens testemunha e nos tratamentos com zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático.

A rápida ensilagem e adequada compactação e vedação dos silos de laboratório resultaram em baixa proteólise no material, evidenciadas pelo teor inexpressivo de ácido butírico nas silagens (Tabela 10), produzindo silagens com baixas concentrações de $N-NH_3/NT$. De acordo com Mahanna (1993, apud FREITAS et al., 2006), para obtenção de silagens estáveis de gramíneas ou leguminosas, o teor de nitrogênio amoniacal deve situar-se abaixo de 15%, indicando que o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva da proteína em amônia (VAN SOEST, 1994). Silagens com menores teores de PB, no entanto, apresentaram maiores valores de $N-NH_3/NT$ (T4, T5 e T6).

Ao avaliar a RMS e as perdas fermentativas no processo de ensilagem da cana-de-açúcar, verificou-se mais uma vez muitas semelhanças do tratamento

controle com as silagens aditivadas com *Propionibacterium* sp, exceto o teor de etanol que foi menor neste. Fato que não indica superioridade da silagem, uma vez que as RMS e DIVMS foram considerada iguais estatisticamente ($P>0,05$) ao controle. Silagens inoculadas com *L. buchneri*, tiveram pH e teor de etanol reduzidos eficientemente, apresentaram aumento no ácido acético e N-NH₃ frente aos tratamentos controle e T2. Além de apresentaram boa RMS, mas não excederam os resultados apresentados pelos tratamentos com cal hidratada. T4, T5 e T6 foram eficientes em controlar a fermentação alcoólica, associada à menor perda de MS, e produção controlada e bem semelhante a teores relatados na literatura de ácidos orgânicos.

4 - CONCLUSÕES

Dos aditivos avaliados, as bactérias dos gêneros *Propionibacterium* sp não foram eficientes em evitar as perdas durante a fermentação e em melhorar o perfil nutricional das silagens.

Apesar de não ter melhorado efetivamente as características bromatológicas das silagens, a *L. buchneri* promoveu melhoria significativa, em relação ao tratamento controle, no padrão fermentativo das silagens.

A cal hidratada, cumpriu seu papel na melhora das características bromatológicas e fermentativas na ensilagem de cana-de-açúcar, diminuindo os constituintes da parede celular, melhorando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e a sua recuperação. Para recomendação da dosagem ideal desta cal hidratada, devido à carência de dados científicos sobre as doses de cal utilizadas, será necessário mais estudos em modelos animais para se ajustar uma dose com bom custo benefício e não prejudicial ao organismo animal e meio ambiente.

A silagem de cana-de-açúcar, sem nenhum aditivo para controlar as perdas devido à fermentação, não apresentou resultados satisfatórios nas variáveis avaliadas, devendo ser repensada pelo produtor.

REFERÊNCIAS

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

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

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

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; SUGAWARA, M.S. et al. Qualidade da silagem de cana-de-açúcar inoculada com uma cepa de *Lactobacillus buchneri*. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.30, n.3, p.255-261, 2008.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G. R.; NOGUEIRA, J R.; REIS, R. A.; ROTH, A. P. T. P.; ROTH, M. T. P. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com cal virgem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.1, p.24-33, 2009.

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

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; NOGUEIRA, J.R.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1231-1239, 2007.

CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; SOUSA, L. O.; PENTEADO, D. C. S.; CARVALHO, I. P. C.; SANTOS, E. M.; CEZÁRIO, A. Silagem de cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas "1". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBZ, CD ROM, 2006.

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

EVANGELISTA, A.R.; PERON, A.J.; AMARAL, P.N.C. Forrageiras não convencionais para silagem – mitos e realidades. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.463-507, 2004.

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

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Versão 4.3 (Build 43). Lavras: Dex/ UFLA, 1999.

FREITAS, A.W. P; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. Características da silagem de cana-de açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.48-59, 2006.

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

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006, 98f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

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

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

KUNG JR, L.; TAYLOR, C. C.; LYNCH, M. P.; NEYLON, J. M. The effect of treating alfafa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 5, p. 336-343, 2003.

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

MALDONADO, J.G.M. **Associação de aditivos químicos e microbianos no controle da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar**

(*Saccharum officinarum* L.). 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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

MCDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. 1. ed. Zaragoza: Acribia, 692p. 1974.

MELLO, S.Q.; FRANÇA, A.F.S; LIMA, M.L.M.; RIBEIRO, D.S.; MYIAGI, E.S.; REIS, J.G. Parâmetros do valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.4, p.373-380, 2006.

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

MURARO, G.B. **Impacto do espaçamento, número de cortes e da idade de corte na produção e composição bromatológica de cana-de-açúcar para Silagem**. 2007.77f.Tese (Mestrado em Ciências veterinárias)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

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

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

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, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI JR., W.; RODRIGUES, A.A; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.649-654, 2006.

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

QUEIROZ, O.C.M. **Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais**. 2006. 99f. Tese (Mestrado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RANJIT, N.K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.3, p.526-535, 2000.

ROBERTSON, J. B., VAN SOEST, P. J. The detergent system of analysis and its application to human foods. **The Analysis of Dietary Fiber in Food**. New York, p. 123-158, 1981.

ROTH, A.P.T.P.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; MONTEIRO, R.R.; DOMINGUES, F.N.; ROTH, M.T.P. 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., 2007a, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, CD-ROM, 2007a.

ROTH, M.T.P.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; RESENDE, F.D.; ROTH, A.P.T.P.; MONTEIRO, R.R.; DOMINGUES, F.N.; *Lactobacillus buchneri*, cal microprocessada e sua associação na ensilagem de cana-de-açúcar crua ou queimada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007b, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, CD-ROM, 2007b.

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

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.D.; QUEIROZ, O.C.M.; ZOPOLLATTO, M.; SOUSA, D.P.; SARTURI, J.O.; TOLEDO FILHO, S.G. Nutritive value of sugarcane silage treated with chemical additives. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.159-163, 2009.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; WECHSLER, F.S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007 (supl.).

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagem de cana-de-açúcar**. 2006. 229f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1990.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F; AMARAL, R.C. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007.

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

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

APÊNDICE

Quando verificada a significância de 0,05% ao teste de Tukey para níveis de hidróxido de cálcio, procedeu-se a análise de regressão para os componentes de primeiro e segundo grau. A composição bromatológica, DIVMS, N-NH₃/NT, etanol e pH, em silagens de cana-de-açúcar e, respectivas equações de regressão estão ajustadas em função dos níveis de cal (C).

Tabela A1- Resultados da regressão polinomial, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os quatro níveis de cal aplicados (0; 0,8; 1,3; 1,8% de MV).

Variáveis	% Cal				EPM	R ²	Equação de regressão
	0	0,8	1,3	1,8			
MS(%)	20,41 ^b	27,3 ^d	28,10 ^d	29,45 ^e	0,262	0,9844	$y = 20,50 + 10,21x - 2,98x^2$
PB(%MS)	2,19 ^d	1,9 ^c	1,7 ^b	1,44 ^a	0,038	0,9924	$y = 2,20 - 0,44x$
MM(%MS)	3,11 ^b	4,66 ^c	5,37 ^d	5,97 ^e	0,083	0,9999	$y = 3,11 + 2,16 - 0,32x^2$
Ca(%MS)	0,23 ^b	0,29 ^c	0,32 ^d	0,36 ^e	0,006	0,9998	$y = 0,23 + 0,07x$
P(%MS)	0,08 ^{a,b}	0,10 ^{b,c}	0,12 ^c	0,12 ^c	0,04	0,9284	$y = 0,085 + 0,02x$
FDA(%MS)	36,48 ^d	32,27 ^c	30,38 ^b	26,10 ^a	0,21	0,9887	$y = 36,38 - 3,68x - 1,05x^2$
FDN(%MS)	54,89 ^d	47,83 ^c	46,96 ^b	42,56 ^a	0,06	0,9662	$y = 54,68 - 8,01x + 0,84x^2$
LIG(%MS)	7,34 ^d	6,28 ^c	4,97 ^b	4,52 ^a	0,091	0,9735	$y = 7,39 - 1,65x$
CEL(%MS)	30,96 ^{c,d}	30,37 ^c	29,70 ^b	28,96 ^a	0,14	0,9699	$y = 31,08 - 1,10x$
HEM(%MS)	18,31 ^c	16,56 ^a	16,51 ^b	16,46 ^b	0,18	0,8388	$y = 18,3 - 4,32x + 1,90x^2$
NDT(%MS)	62,82 ^a	66,39 ^c	66,89 ^{c,d}	67,57 ^d	0,20	0,9879	$y = 62,74 + 5,34x - 1,55x^2$
DIVMS (%MS)	57,61 ^a	73,53 ^c	76,97 ^c	78,27 ^c	1,45	0,9989	$y = 57,54 + 28,01x - 9,52x^2$
pH	3,46 ^b	3,96 ^c	4,23 ^d	4,43 ^e	0,04	0,9912	$y = 3,48 + 0,54x$
N-NH ₃ /NT	6,79 ^a	11,5 ^b	12,25 ^c	10,18 ^b	0,77	0,9942	$y = 6,74 + 9,54x - 4,21x^2$
Etanol	20,62 ^d	2,87 ^a	1,02 ^a	0,86 ^a	0,71	0,9923	$y = 20,43 - 29,01x + 10,19x^2$

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

y= variável

x= dose da cal

A análise de regressão mostrou que a variação ocorrida em algumas variáveis (ACE, BUT, LAT) não pode ser representada pelas curvas estudadas ($P > 0,05$).