Marta Coimbra Junqueira
Engenheiro Agrônomo

**Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar:
perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**

Orientador:
Prof. Dr. LUIZ GUSTAVO NUSSIO

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2006**

Errata

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

Página	Linha	Onde se lê	Leia-se
10	11	Não houve efeito	Não houve efeito ($p > 0,05$)
10	29	Na média, o melhor resultado.... uréia 1,0%.	Frase excluída
25	1	na ensilagem	na silagem
		$G = \frac{(Pfe - Pab)}{(MFfe \times MSfe)} \times 1000$	$G = \frac{[(PCen - Pen) \times MSen] - [(Pcab - Pen) \times MSab] \times 100}{[(Pcen - Pen) \times MSen]}$
35	15	onde, G = perda por gases (% MS); Pfe = peso do balde cheio no fechamento (kg); Pab = peso do balde cheio na abertura (kg); MFfe = massa de forragem no fechamento (kg); MSfe = teor de matéria seca da forragem no fechamento (% MS).	onde, G = perda por gases (%MS); PCen = peso do balde cheio na ensilagem (Kg); Pen = peso do conjunto (balde + tampa+areia seca+ pano+tela) na ensilagem (kg); MSen = teor de matéria seca da forragem na ensilagem (%MS); PCab = peso do balde cheio na abertura (kg); MSab = teor de materia seca da forragem na
38	26	do teor	dos teores
77	6	1,89 L	2,0 L
79	19	parcelas subdivididas	blocos completos casualizados
83	3	forragem	cana in natura

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Junqueira, Marta Coimbra

Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais / Marta Coimbra Junqueira. -- Piracicaba, 2006.

98 p. : il.

Dissertação (Mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Cana-de-açúcar 2. Fermentação 3. Lactobacillus 4. Novilha 5. Silagem 6. Uréia
I. Título

CDD 636.08552

~~Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O autor.~~

À Jesus, o meu Salvador
DEDICO

Aos meus amados pais, Antônio Augusto e Marisa, aos meus irmãos, Fábio e Pedro,
minhas queridas avós Teresinha e Yolanda e meu avô Augusto, pelo amor e apoio
incondicionais em todas as etapas da minha vida
OFEREÇO

Ao meu amado pai Antonio Augusto e avô Geraldo Vilela Coimbra que me inspiraram
na minha vocação
Minha Homenagem

“Àquele que é capaz de fazer infinitamente mais do que tudo o que pedimos ou pensamos, de acordo com o seu poder que atua em nós, a Ele seja a glória na igreja e em Cristo Jesus, por todas as gerações, para todo o sempre! Amém!”

(Efésios 3:20)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio, pela amizade, pela orientação na elaboração e condução do projeto e acompanhamento em todas as atividades desenvolvidas durante o curso.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ), especialmente ao Departamento de Zootecnia.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Flávio A. P. Santos pelo auxílio e colaboração no trabalho através da formulação das rações.

Ao Prof. Dr. Irineu Umberto Packer, pela valiosa ajuda e sugestões na análise estatística dos dados.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia pelos ensinamentos, orientação e amizade.

À Dra. Carla Bittar e ao Dr. Fábio P. Campos pelo constante auxílio nas tarefas laboratoriais e amizade.

Aos amigos Maity Zopollatto, Solidete Paziani, Patrick Schmidt e José Leonardo Ribeiro que sempre estiveram prontos em ajudar e sem eles não conseguiria obter êxito em meu trabalho. Aos amigos Lucas José Mari, Daniel Souza, Vanessa Pillon, Oscar César Queiroz, André Pedroso, Daniele Loures, Mariele Camargo, Mateus Castilho Santos, pelo apoio, amizade, amizade, companheirismo e auxílio na condução das atividades durante o curso.

A todos os estagiários que passaram pelo Departamento durante a condução dos experimentos, participando das atividades: Sérgio Gil de Toledo Filho, Lalau, Diego Teixeira, Lucas Ferreira, Renato Arantes Lima Simões, Mateus Calvo, Fabiana de Pinho Cunha, Rodrigo Otávio Decaria de Salles Rossi, Giovana Alcântara Maciel, Rejane Figueiró, Alexandre Carvalho, Marcelo Checchi, Alessandro Campos, Rodrigo Goulart e também, todos os estagiários do CPZ.

Aos amigos Liris Kindlein, Janice Moraes, João Menezes, Marina Uebele, Nancy Ferruzi Martucci Thame, Anatole Lebedenko, Adriana Leite, Melissa Lebedenko, Juliana Galvão, Daniel de Paula Sousa, Thaís e Caio Soeiro, pela amizade, apoio e conselhos preciosos.

Ao meu primo Francisco Júlio Jacintho, pela amizade, carinho e companheirismo ao longo das nossas vidas.

Às amigas de fé Sueli Benassi, Rute Mafra, Celina, que sempre me apoiaram nos momentos difíceis.

À amiga Flávia Andrade, que mesmo distante, continuou me apoiando em oração, aconselhando e participando de toda minha trajetória.

Ao funcionário do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia, Carlos César Alves, pela colaboração, paciência e amizade durante as análises laboratoriais.

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia, que participaram na condução dos experimentos.

Ao programa Mast, da Universidade de Minnesota (EUA), por proporcionar treinamento excepcional na área da agropecuária.

À toda minha família, que sempre me incentivaram, avós, tios, tias, primos e primas, dos quais amo muito, meu agradecimento especial, com muito amor e carinho.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta fase, participando direta ou indiretamente na realização dos trabalhos ou simplesmente dividindo momentos fora do ambiente de trabalho.

A todos, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS.....	13
1 INTRODUÇÃO	14
Referências	15
2 ADITIVOS QUÍMICOS E INOCULANTES MICROBIANOS EM SILAGENS DE CANA- DE-AÇÚCAR: COMPOSIÇÃO QUÍMICA, PERDAS NA ENSILAGEM E A ESTABILIDADE AERÓBIA.....	16
Resumo.....	16
Abstract.....	17
2.1 Introdução	18
2.2 Desenvolvimento	19
2.2.1 Revisão Bibliográfica	19
2.2.1.1 Cana-de-açúcar.....	19
2.2.1.2 Silagem de cana-de-açúcar	22
2.2.1.3 A fermentação alcoólica e a qualidade das silagens.....	24
2.2.1.4 Aditivos químicos.....	26
2.2.1.5 Aditivo bacteriano.....	28
2.2.1.5.1 Estabilidade aeróbia.....	30
2.2.2.1 Local do experimento	32
2.2.2.2 Tratamentos adotados	33
2.2.2.3 Aplicação dos tratamentos	33
2.2.2.4 Silos experimentais	34
2.2.2.5 Procedimento de enchimento dos silos experimentais.....	34
2.2.2.6 Abertura dos silos experimentais	34
2.2.2.6.1 Determinação das perdas	35
2.2.2.6.2 Perdas por gases	35
2.2.2.6.3 Determinação da produção de efluente	35

2.2.2.6.4 Determinação do índice de recuperação de matéria seca	36
2.2.2.7 Ensaio de estabilidade aeróbia	37
2.2.2.8 Análises químico-bromatológicas.....	37
2.2.2.8.1 Extrato aquoso: pH, carboidratos solúveis, nitrogênio amoniacal e etanol	39
2.2.2.9 Análise estatística	39
2.2.3 Resultados e Discussão.....	40
2.2.3.1 Índice de recuperação de matéria seca (RMS) das silagens.	40
2.2.3.2 Produção de efluentes das silagens.....	41
2.2.3.3 Perdas por gases das silagens	43
2.2.3.4 Composição química das silagens	46
2.2.3.4.1 Teor de carboidratos solúveis (CS) das silagens	46
2.2.3.4.2 pH das silagens.....	46
2.2.3.4.3 Teor de proteína bruta (PB) das silagens.....	47
2.2.3.4.4 Teor de etanol das silagens	48
2.2.3.5 Estabilidade aeróbia das silagens.....	51
2.2.3.5.1 Variação térmica, de pH e perdas de MS nas silagens.....	51
2.2.3.5.2 Variação na composição químico-bromatológica das silagens	55
2.2.3.5.2.1 Teor de matéria seca (MS) das silagens.....	55
2.2.3.5.2.2 Teor de cinzas (CZ) das silagens.....	56
2.2.3.5.2.3 Teor de proteína bruta (PB) das silagens.....	57
2.2.3.5.2.4 Teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) das silagens	57
2.2.3.5.2.5 Teor de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) das silagens	58
2.2.3.5.2.6 Digestibilidade (DIVMS) das silagens	59
2.3 Considerações Finais.....	61
Referências.....	61
3 DESEMPENHO DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDESA OU HOLANDÊS X JERSEY RECEBENDO RACÕES CONTENDO SILAGEM DE CANA -DE - AÇÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i> L.) ADITIVADAS COM <i>L. buchneri</i> OU URÉIA.....	71
Resumo.....	71
Abstract.....	72
3.1 Introdução	73

3.2 Desenvolvimento	74
3.2.1 Revisão Bibliográfica	74
3.2.1.1 Desempenho de bovinos recebendo silagens aditivadas com uréia	74
3.2.1.2 Desempenho de bovinos recebendo silagens de cana-de-açúcar aditivadas com <i>L. buchneri</i>	75
3.2.2 Material e métodos	76
3.2.2.1 Local do experimento	76
3.2.2.2 Silos experimentais	76
3.2.2.3 Tratamentos	76
3.2.2.4 Aplicação dos tratamentos	77
3.2.2.5 Animais, instalações e rações	77
3.2.2.6 Procedimento experimental	78
3.2.2.7 Delineamento experimental	79
3.2.2.8 Análises químico-bromatológicas	79
3.2.2.8.1 Extrato aquoso: pH, carboidratos solúveis, nitrogênio amoniacal e etanol	81
3.2.3 Resultados e Discussão	82
3.2.3.1 Perdas por deterioração da silagem	82
3.2.3.2 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações completas	82
3.2.3.3 Ingestão de matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar	89
3.3 Considerações Finais	93
Referências	93

RESUMO

Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar aditivos químicos e microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar e analisar os efeitos destes sobre a composição química, as perdas de matéria seca, estabilidade aeróbia e desempenho de animais. No experimento 1 a forragem picada foi ensilada em baldes plásticos, onde em cada balde foi adaptada uma "válvula de Bunsen" para eliminação de gases e um dispositivo para a coleta de efluentes. Os tratamentos: Controle; Uréia a 1% (MV); Uréia a 1,5% (MV); Uréia a 2,0 % (MV) e LB: *Lactobacillus buchneri* foram avaliados 90 dias após a ensilagem. Houve efeito ($P<0,05$) para a recuperação de MS (RMS), o tratamento controle e uréia 1,5% mantiveram-se semelhantes quanto à RMS, com valores de 77,26 e 82,42%, respectivamente. Os três tratamentos contendo uréia não diferiram entre si e apresentaram similaridade com as silagens aditivadas com LB. Não houve efeito para as perdas por produção de efluente (PE), ocorrendo pequena produção de efluente em todos os tratamentos. Houve efeito ($P<0,05$) para os valores de perdas por gases (PG), onde a silagem controle apresentou maior PG (22,19% MS), levando ao menor índice de RMS (77,26%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos na estabilidade aeróbia. Na avaliação da composição bromatológica das silagens o melhor resultado foi para o tratamento uréia 2,0%, que se manteve mais estável durante toda a exposição aeróbia. No experimento 2 os tratamentos foram: LB: *Lactobacillus buchneri*; U 1%; U 1,5%; U 2%. Na avaliação da composição químico-bromatológica das silagens houve efeito dos tratamentos ($P<0,01$) para teores de PB, onde o menor valor observado foi no tratamento LB e os maiores valores ocorreram nos tratamentos com 1,5 e 2% de uréia. Houve diminuição dos teores de CS e DIVMS e elevação no teor de FDN após a ensilagem. O desempenho foi avaliado em 60 novilhas, com peso médio de 240 kg. Em relação a ingestão de MS (IMS), houve diferença significativa ($P<0,05$) entre os tratamentos apenas no terceiro período, onde o tratamento uréia 1,5% apresentou a menor IMS. Para a taxa de ganho de peso, houve efeito ($P<0,05$) do tratamento uréia 1,0% entre os períodos, onde no segundo período a taxa de ganho de peso foi menor do que os outros períodos. Para a conversão alimentar, houve efeito para o tratamento uréia 1,5% entre os subperíodos de avaliações. Na média, o melhor resultado de CA ocorreu no tratamento uréia 1,0%. Houve efeito de tratamento ($P<0,01$) para as perdas por deterioração observadas no painel dos silos, onde as menores perdas foram observadas nos tratamentos LB e uréia 1,0%, evidenciando a eficiência do aditivo bacteriano *L. buchneri* no aumento da estabilidade aeróbia da silagem. No conjunto das observações a dose de uréia 1,0% na silagem de cana associou vantagens relacionadas à conservação da forragem e desempenho de animais.

Palavras-chave: silagem, cana-de-açúcar, uréia, *Lactobacillus buchneri*, estabilidade aeróbia, desempenho, novilhas.

ABSTRACT

Chemical and microbial additives in sugar cane silages: conservation losses, aerobic stability and the animals performance.

The goal of this trial was to evaluate chemical and microbial additives on sugar cane ensilage and study their effects on the chemical composition, the dry matter losses, aerobic stability and animal performance. On the experiment 1 the cut forage was ensiled in 20 l plastic buckets provided with a "Bunsen valve" for gases release and a device for effluent collection. The treatments (wet basis): control; 1.0% urea; 1.5% urea; 2.0% urea and *Lactobacillus buchneri* (5×10^4 ufc/g fresh forage) were evaluated 90 days after ensilage. There was treatment effect ($P < 0.05$) for the dry matter recovery, where the control and urea 1.5% treatments were similar, achieving 77.26 and 82.42%, respectively. The three treatments containing urea did not differ and showed similarity with the LB silage. There was no effect for effluent yield, with small production in all treatments. There was treatment effect ($P < 0.05$) for gases losses, where the control treatment had the highest production (22.19% DM), resulting in the lowest dry matter recovery (77.26%). There was no treatment effect for aerobic stability. On the chemical composition of the silages, the urea 2.0% treatment was the best, remaining stable during the aerobic exposition. On the experiment 2 the treatments were: *Lactobacillus buchneri*; 1.0% urea; 1.5% urea and 2.0% urea. On the chemical composition of the silages, there was treatment effect ($P < 0.01$) for the CP, where the lowest value was observed for LB treatment and the highest value was detected for 1.5 and 2.0% urea treatments. There was a decrease in the levels of the SC and digestibility after the ensilage and there was an increase in the NDF levels after the ensilage. The performance was evaluated in 60 heifers, with mean BW of 240 kg. According to the DMI, there was effect ($P < 0.05$) among treatments only for the third period, where the urea 1.5% treatment had the lowest DMI. Concerning the ADG, there were effect ($P < 0.05$) of urea 1.0% treatment across the periods; on the second period the ADG was lower. There was effect of feed conversion (DMI/ADG) on the urea 1.5% treatment among the subperiods of evaluation. The best result of FC was for urea 1.0% treatment. There was effect ($P < 0.01$) between the treatments for the deterioration losses of the silage, the LB and urea 1.0% had lower losses, demonstrating the efficiency of *Lactobacillus buchneri* on increasing the aerobic stability of the silage. The 1.0% urea treatment on the sugar cane silage showed advantages related to both, the forage conservation and animal performance.

Key words: silage, sugar cane, urea, *Lactobacillus buchneri*, aerobic stability, performance, heifers.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de recuperação de matéria seca, produção de gases e efluentes das silagens de cana-de-açúcar confeccionadas sob o efeito de diferentes tratamentos	45
Tabela 2 – Composição química de silagens de cana-de-açúcar confeccionadas sob o efeito de diferentes tratamentos.....	50
Tabela 3 - Estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar confeccionadas sob o efeito de diferentes tratamentos.....	54
Tabela 4 - Participação de ingredientes nas rações experimentais em função do tratamento na silagem de cana-de-açúcar (na base de MS).....	78
Tabela 5 - Composição químico-bromatológica da forragem picada, da silagem de cana-de-açúcar e as perdas da silagem por deterioração	87
Tabela 6 - Composição químico-bromatológica das rações oferecidas aos animais e das sobras	87
Tabela 6 - Composição químico-bromatológica das rações oferecidas aos animais e das sobras	88
Tabela 7 - Ingestão de MS (kg MS/dia) em novilhas recebendo rações à base de silagens de cana-de-açúcar	91
Tabela 8 - Ingestão de MS (% do peso vivo) em novilhas recebendo rações à base de silagens de cana-de-açúcar	92
Tabela 9 - Taxa de ganho de peso (kg) em novilhas recebendo rações à base de silagens de cana-de-açúcar	92
Tabela 10 - Conversão alimentar (kg MS/kg GPD) de novilhas recebendo rações à base de silagens de cana-de-açúcar	93

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV- ácidos graxos voláteis
CA - conversão alimentar
CS - carboidratos solúveis
CZ - cinzas
DIVMS - digestibilidade *in vitro* da matéria seca
EA - estabilidade aeróbia
FDA - fibra insolúvel em detergente ácido
FDN - fibra insolúvel em detergente neutro
GPV- ganho de peso vivo
HEM - hemicelulose
IMS - ingestão de matéria seca
LB - *Lactobacillus buchneri*
MS - matéria seca
MV - massa verde
N-NH₃ - nitrogênio amoniacal
PB - proteína bruta
PE - produção de efluente
PG - perdas por gases
PV - peso vivo
RMS – recuperação de matéria seca
UFC - unidades formadoras de colônia

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a pecuária brasileira passa por momentos de grandes desafios, pressionada cada vez mais por questões mercadológicas e sanitárias. Há necessidade de se estabelecer objetivos claros e eficazes para que não ocorra prejuízo na atividade.

A baixa disponibilidade de forragem durante a estação seca leva o pecuarista a buscar soluções estratégicas para solucionar a estacionalidade da produção de forragens. A utilização da cana-de-açúcar ou mesmo a ensilagem da mesma, quando conveniente, vem se estabelecendo como alternativa conveniente para os produtores.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, a área cultivada atinge aproximadamente 5,5 milhões de hectares, e é estimado que 10% dessa área se destina à alimentação animal (LANDELL et al. 2002).

A utilização da cana-de-açúcar, colhida diariamente e fornecida fresca aos animais, se constitui em prática tradicional entre os pecuaristas, mas a utilização da cana-de-açúcar em larga escala pode ser um ponto limitante em alguns casos, devido a necessidade de corte diário. A conservação da cana-de-açúcar na forma de silagem representa uma boa solução para reduzir os custos de mão-de-obra e facilitar o manejo da propriedade. Mas é necessário obter maior eficiência no processo de ensilagem, desde o momento da colheita da forragem, o processo de ensilagem propriamente e até o fornecimento para os animais.

No entanto, silagens de cana-de-açúcar produzidas sem a utilização de aditivos que controlem a produção de etanol, têm resultado em fontes de forragens de baixa qualidade, apresentando perdas excessivas de matéria seca durante a conservação e redução no consumo de matéria seca pelo animal.

Aditivos químicos e inoculantes bacterianos têm sido utilizados com o objetivo de melhorar o padrão de fermentação dessas silagens, pois estes são capazes de reduzir a fermentação alcoólica, devido à inibição da atividade de leveduras.

A uréia tem sido usada como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar, uma vez que o conteúdo de nitrogênio residual na silagem atende exigências dos animais, e torna-se conveniente na cana-de-açúcar que deve ser, também, corrigida quanto aos teores de proteína e minerais. A uréia também tem se mostrado eficiente em melhorar a

qualidade das silagens de cana-de-açúcar, diminuindo a população de leveduras e mofos, reduzindo a produção de etanol, as perdas de MS e de carboidratos solúveis, aumentando o valor nutritivo das silagens tratadas em comparação a silagens não aditivadas.

O uso do *L. buchneri* em silagem de cana-de-açúcar tem propiciado melhora nas características fermentativas dessas silagens como relatado por Pedroso (2003), que observou redução na produção de etanol em relação ao controle, as perdas por gases e perdas totais de MS e, também, elevou significativamente a estabilidade aeróbia da silagem.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar aditivos químicos e microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar e analisar os efeitos destes sobre a composição química, as perdas de matéria seca, estabilidade aeróbia e desempenho animais.

Referências

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A.P.; ROSSETTO, R.; MARTINS, A.L.M.; GALLO, P.B.; KANTHACK, R.A.D.; CAVICHIOLI, J.C.; VASCONCELOS, A.C.M.; XAVIER, M.A. A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, n.193, p.36, 2002.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 p. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

2 ADITIVOS QUÍMICOS E INOCULANTES MICROBIANOS EM SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR: COMPOSIÇÃO QUÍMICA, PERDAS NA ENSILAGEM E A ESTABILIDADE AERÓBIA

Resumo

O objetivo deste experimento foi avaliar diferentes tipos de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar e determinar o perfil da fermentação durante o processo de ensilagem, a estabilidade aeróbia e a qualidade final da silagem. Os tratamentos adotados foram: Controle; Uréia a 1% (MV); Uréia a 1,5% (MV); Uréia a 2,0 % (MV) e LB: Aditivo bacteriano *Lactobacillus buchneri* (5×10^4 ufc/g MV). A forragem picada foi ensilada em 20 silos experimentais constituídos por baldes plásticos de 20 litros. Em cada balde foi adaptada uma "válvula de Bunsen" para eliminação de gases, localizada na tampa e um dispositivo para coleta de possíveis efluentes. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados aos 90 dias após a ensilagem. O ensaio de estabilidade aeróbia foi realizado durante 10 dias (2 leituras/dia), com coleta de amostra das silagens e elaboração de curvas de pH, temperatura e perdas de MS. Houve efeito de tratamento ($P < 0,05$) para o índice de recuperação de MS (RMS), sendo que os tratamentos controle e uréia 1,5% mantiveram-se semelhantes quanto à RMS, com valores de 77,26 e 82,42%, respectivamente. Os três tratamentos contendo uréia não diferiram entre si e apresentaram similaridade com as silagens aditivadas de LB. Não houve efeito de tratamento para perdas por produção de efluente (PE), ocorrendo pequena produção de efluente em todos os tratamentos. Houve efeito de tratamento ($P < 0,05$) para os valores de perdas por gases (PG), onde a silagem controle apresentou maior PG (22,19% MS), que levou ao menor índice de RMS (77,26%). Não houve diferença significativa entre os tratamentos na estabilidade aeróbia e a média observada foi de 82,20 horas. Na avaliação da composição bromatológica das silagens observou-se o melhor resultado para o tratamento contendo 2,0% de uréia, que se manteve mais estável durante toda a exposição aeróbia.

Palavras-chave: silagem, cana-de-açúcar, uréia, *Lactobacillus buchneri*, estabilidade aeróbia, perdas.

Abstract

Chemical and microbial additives in sugar cane silages: chemical composition, ensilage losses and the aerobic stability.

The goal of this trial was to evaluate different types of additives on sugar cane ensilage and determine the fermentation profile during the ensilage process, the aerobic stability and the final quality of the silage. The treatments were (wet basis): Control; 1.0% urea; 1.5% urea; 2.0% urea and *Lactobacillus buchneri* (5×10^4 ufc/g fresh forage). The cut forage was ensiled in 20 L plastic buckets provided with a "Bunsen valve" for gases release and a device for effluent collection. The treatments effects were evaluated 90 days after ensilage. The aerobic stability assay was performed during ten days (2 assessments/day), with silage sample collection, pH, temperature and dry matter losses evaluations. There was treatment effect ($P < 0.05$) for the dry matter recovery, where the control and urea 1.5% were similar, with values of 77.26 and 82.42%, respectively. The three treatments containing urea did not differ each other and showed similarity with the LB silage. There was no effect for effluent production, with small production in all treatments. There was treatment effect ($P < 0.05$) for gases losses, where the control had the highest production (22.19% DM), resulting to the lowest dry matter recovery (77.26%). There was no treatment effect for aerobic stability and the mean was 82.20 hours. On the chemical composition of the silages, the urea 2.0% treatment was the best, remaining stable during the aerobic exposure.

Key words: silage, sugar cane, urea, *Lactobacillus buchneri*, aerobic stability, losses.

2.1 Introdução

A cana-de-açúcar usada como planta forrageira apresenta as seguintes características: alto potencial de produção, bom perfilhamento, resistência a doenças e pragas, resistência ao florescimento e alto teor de sacarose.

A utilização da cana-de-açúcar, colhida diariamente e fornecida fresca aos animais, se constitui em prática tradicional entre os pecuaristas, e a conservação da cana-de-açúcar na forma de silagem representa um tema que vem se destacando nos últimos anos, e que desperta o interesse de produtores e pesquisadores, em função dos benefícios em logística e operacionalidade que essa fonte de volumoso pode apresentar. A silagem de cana-de-açúcar revela-se como alternativa promissora a ser utilizada na época de escassez de forragem. No entanto, silagens de cana produzidas sem a utilização de aditivos que controlem a produção de etanol, têm resultado em forragens de baixa qualidade, apresentando perdas excessivas de matéria seca durante a conservação e redução no consumo de matéria seca pelo animal.

Existem diversos aditivos eficazes para a ensilagem da cana-de-açúcar, entre eles a uréia, uma vez que o conteúdo de nitrogênio residual na silagem atende exigências dos animais, e torna-se conveniente na cana-de-açúcar que deve ser, também, corrigida quanto aos teores de proteína e minerais. A uréia também tem se mostrado eficiente em melhorar a qualidade das silagens de cana-de-açúcar, diminuindo a população de leveduras e mofos, reduzindo a produção de etanol, as perdas de MS e de carboidratos solúveis, aumentando o valor nutritivo das silagens tratadas em comparação a silagens não aditivadas.

Trabalhos de pesquisa publicados recentemente no Brasil, relataram que silagens de cana-de-açúcar tratadas com doses variando entre 0,5 e 1,5% de uréia, propiciaram bom padrão de fermentação e melhor composição bromatológica, como teor mais elevado de MS e PB, teores mais baixos de FDA e FDN e aumento da estabilidade aeróbia em comparação à silagem de cana sem aditivos.

No Brasil, a pesquisa com inoculantes bacterianos vêm sendo intensificada, apresentando resultados satisfatórios na redução do teor de álcool da silagem de cana-de-açúcar, especialmente as bactérias heterofermentativas *Lactobacillus buchneri*. Essas bactérias produzem ácido acético além do ácido lático, e são capazes de reduzir

a população de leveduras e aumentar a estabilidade aeróbia de silagens por inibir o desenvolvimento de leveduras.

Quanto menores forem as taxas de retiradas diárias no painel do silo maiores serão as perdas por deterioração devido maior tempo de exposição aeróbia. Mesmo que os tratamentos adotados na ensilagem favoreçam a preservação durante a fermentação, após a abertura do silo, estes efeitos podem ser anulados pela longa exposição aeróbia ou por não serem efetivos em manter a silagem em boas condições.

O *Lactobacillus buchneri* também tem se mostrado eficiente no desempenho de animais, estabelecendo assim, considerável vantagem na sua utilização.

O objetivo deste experimento foi avaliar diferentes tipos de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar e determinar a magnitude de produção de etanol, e de outros produtos da fermentação durante o processo de ensilagem, bem como inferir sobre a estabilidade aeróbia e o valor nutritivo final da silagem.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Revisão Bibliográfica

2.2.1.1 Cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil recebeu grande incentivo através do programa Proálcool, o que resultou em avanço nas técnicas de cultivo e no lançamento de variedades com maior potencial de produção de biomassa e açúcar.

A cana-de-açúcar usada como planta forrageira apresenta as seguintes características: alto potencial de produção, bom perfilhamento, resistência a doenças e pragas, resistência ao florescimento e alto teor de sacarose (SILVA, 1993). Schmidt et al. (2004) analisaram a produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar e encontraram os valores de 154 t MV/ha equivalente a 43,1 t MS/ha para a variedade IAC86-2480 e 183,5 t MV/ha referente a 59,3 t MS/ha para a variedade IAC87-3184.

Dentre as fontes de forragem comumente utilizadas durante o período de escassez dos pastos, observa-se que a cana-de-açúcar, além de produtiva, também

oferece a maior produção de matéria seca por quilograma de nitrogênio aplicado (NUSSIO et al, 2002).

A alimentação de bovinos apresenta-se também como destino alternativo para a cana-de-açúcar quando ocorrem reduções nos preços do açúcar e do álcool, exigindo que os produtores diminuam a oferta de cana para as usinas e que glebas sejam liberadas para o estabelecimento de outro tipo de cultura. Com isso, evita-se que sobras permaneçam no campo, e que essas se tornem de baixa qualidade e sujeitas ao acamamento, o que poderia dificultar a colheita.

Geralmente, o pecuarista não tem preocupação com práticas agronômicas, como controle de invasoras ou adubações, o que leva ao comprometimento da produtividade da gleba. Os talhões com manejo agrônômico inadequado apresentam menor longevidade, necessitando de reformas mais freqüentes, podendo com isso ocorrer elevação nos custos do volumoso. Nussio e Ponchio (2004) estimaram a redução média de 8,8% no custo da unidade de matéria seca (MS), para cada ano de aumento na longevidade do talhão (acima de 4 anos), devido à diluição dos custos de formação do canavial.

A utilização da cana-de-açúcar, colhida diariamente e fornecida fresca aos animais, constitui-se em prática tradicional entre os pecuaristas, porém, o manejo industrial de canaviais exige que o corte dos talhões seja realizado de forma concentrada, para aumentar a eficiência dos tratos culturais. Além disso, o corte diário torna-se problemático em situações onde se deseja utilizar a cana como forragem durante o ano todo, devido à dificuldade de colheita em dias chuvosos e à perda no seu valor nutritivo durante o verão. Canaviais que tenham sido submetidos à queima, ou que tenham sofrido fortes geadas, também precisam ser utilizados rapidamente para não serem perdidos.

Em uma análise econômica realizada por Oliveira et al. (2004), a substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar no período da seca, em rações para vacas de leite, proporcionou ganhos de escala de produção e favoreceu o aumento da margem bruta anual do sistema de produção de leite, sendo influenciada pelas condições de troca entre o preço do leite e o preço dos ingredientes concentrados. A cana-de-açúcar

possibilitou ampliar a produção diária de leite na propriedade, devido ao aumento do número de vacas em lactação suportado.

Nutricionalmente, a cana-de-açúcar apresenta limitações. Os teores de proteína bruta e da maioria dos minerais, principalmente fósforo e enxofre, são muito baixos, sendo necessário a correção destes.

Os açúcares solúveis e a fração fibrosa são os dois principais componentes da cana-de-açúcar e, ao contrário de outras forrageiras, a cana-de-açúcar apresenta elevação na digestibilidade da matéria seca com o avanço da idade fisiológica, devido à elevação no teor de carboidratos solúveis e, conseqüente, diluição no teor de fibra. O teor de NDT da cana-de-açúcar é diretamente associado ao conteúdo intracelular, que apresenta coeficiente de digestibilidade próximo a 100% (VAN SOEST, 1994). Dessa maneira, no ponto ideal de colheita, a cana-de-açúcar apresenta alto teor de NDT, aliado a elevada produtividade de MS.

Os açúcares, principalmente sacarose, são a principal fonte energética da cana-de-açúcar, e apresentam elevada solubilidade e degradabilidade ruminal. Entretanto, para o aproveitamento dessa fonte de energia é necessária a presença de fonte protéica de alta solubilidade, para agir em sincronismo no rúmen, e possibilitar o crescimento dos microrganismos ruminais e síntese de proteína microbiana.

A fração fibrosa da cana-de-açúcar possui baixa digestibilidade (~40%) e tem ação importante na limitação da ingestão voluntária pelo animal. O consumo está diretamente relacionado com o conteúdo de FDN do alimento. Quanto maior o teor de FDN da cana-de-açúcar e menor a digestibilidade dessa fração fibrosa, menor o consumo desse volumoso (LANDELL et al., 2002).

Corrêa et al. (2003), avaliaram rações para vacas holandesas em início de lactação, com média superior a 30 litros de leite por dia, contendo cana-de-açúcar, silagens de milho com endospermas macio ou duro como volumosos, na proporção de 45,5 % de forragem na MS, com teores semelhantes de FDN. Na ração contendo cana foi utilizado farelo proteínoso de milho para elevar o teor de PB, em substituição à uréia, a fim de se assemelhar ao teor encontrado na silagem de milho. Naquele estudo, apesar da ração com cana-de-açúcar ter apresentado consumo e produção de leite ligeiramente menores aos obtidos para silagem de milho, apresentou-se como opção

viável para alimentar vacas com elevada produção de leite. Hernandez (1998) relatou ganhos de peso entre 1,53 e 1,81 kg por dia para bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar como volumoso único (48% da MS), suplementados com concentrados compostos por milho, farelo de soja, uréia e minerais, sendo que as rações apresentaram digestibilidade da matéria orgânica entre 67,31 e 72,19%. Esses dados analisados em conjunto demonstram que a cana-de-açúcar pode ser utilizada em rações para bovinos, também quando o objetivo for o aumento do desempenho individual do animal, havendo, necessidade de adequação do balanceamento dessas rações.

2.2.1.2 Silagem de cana-de-açúcar

A conservação da cana-de-açúcar na forma de silagem se constitui em tema que vem se destacando nos últimos anos, e que desperta o interesse de produtores e pesquisadores, em função dos benefícios em logística e operacionalidade que essa fonte de volumoso pode apresentar.

A silagem de cana-de-açúcar apresenta-se como uma alternativa promissora a ser utilizada na época de escassez de forragem. No entanto, silagens de cana produzidas sem a utilização de aditivos que controlem a produção de etanol, têm resultado em forragens de baixa qualidade, apresentando perdas excessivas de matéria seca durante a conservação e redução no consumo de matéria seca pelo animal (ALLI et al., 1982; KUNG, Jr. e STANLEY, 1982; COAN et al., 2002; PEDROSO, 2003).

A cana-de-açúcar, quando ensilada sem aditivos, apresenta fermentação alcoólica e perda no valor alimentício, como foi constatado por Preston et al. (1976), que verificou que a ensilagem da cana aos 49 dias, resultou em redução de aproximadamente 30% no conteúdo total dos açúcares e da sacarose, em relação à cana fresca (de 44,4 e 40,7 para 31,1 e 27,5% da MS, respectivamente), e teor alcoólico de 5,49% da MS na silagem. González e Macleod (1976) observaram que a cana ensilada sem aditivos apresentou queda acentuada no pH (de 4,2 para 2,9), redução no Brix (de 13,8 para 9) e produção significativa de ácido acético (0,96% da MS), chamando atenção para o desenvolvimento de leveduras (48 colônias/100 g) e, conseqüente, produção de álcool (1,4% da MS).

Na ensilagem da cana-de-açúcar ocorre extensa atividade das leveduras, que convertem açúcares a etanol, CO_2 e água, levando a grandes perdas de carboidratos solúveis, baixos teores de ácidos láctico e acético, e aumento no teor de FDA das silagens (ALLI et al., 1983).

Alli et al. (1982) estudando a fermentação de cana-de-açúcar em silos laboratoriais, observaram redução no teor de carboidratos solúveis, aumento no teor de fibra em detergente ácido - FDA (de 29,9 para 43,1% na MS) e perda de aproximadamente 5% da MS, em relação à cana fresca. Os autores ressaltaram que, o teor de etanol nas silagens, de 8,86% da MS, correspondeu ao consumo de aproximadamente 50% da sacarose presente na cana fresca, e que as leveduras seriam as responsáveis por este tipo de fermentação.

Pedroso (2003) observou na cana-de-açúcar ensilada sem aditivos que o teor de carboidratos solúveis apresentou redução de 23 para 6,41 % na MS após 180 dias de fermentação. O teor de etanol atingiu nível máximo (6,4% da MS) aos 15 dias após a ensilagem, correspondendo ao consumo de 68% dos carboidratos solúveis (CS) da forragem. A redução na concentração de carboidratos solúveis na silagem, contrasta com o comportamento oposto na concentração do etanol (Figura 1). Aos 45 dias de ensilagem atingiu-se a maior perda total de MS (29,2% da MS) e de perdas gasosas (15,8% da MS).

Figura 1-Evolução temporal da concentração de etanol e de carboidratos solúveis em água na silagem de cana-de-açúcar

Fonte: Pedroso (2003)

Castro Neto et al (2003) avaliando a ensilagem da cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos ou microrganismos homoláticos, verificaram redução no teor de carboidratos solúveis de 19,7% na forragem original para 2,5% no tratamento sem aditivos.

Alcântara et al (1989) também observaram perda no valor nutritivo da cana-de-açúcar após ensilagem com redução no consumo voluntário (de 7,1 para 5,7% do PV^{0,75}) e na digestibilidade "in vivo" da MS (de 66,4% para 55,3%) para a silagem de cana, em relação à cana fresca quando fornecida a cordeiros.

2.2.1.3 A fermentação alcoólica e a qualidade das silagens

Geralmente, os microrganismos presentes em maior contagem nas plantas forrageiras são as enterobactérias, leveduras e mofo, que competem com os lactobacilos pelos açúcares solúveis (BOLSEN et al., 1992).

Na fermentação da cana-de-açúcar ocorre extensa atividade de leveduras epífitas, que convertem açúcar a CO₂, água e etanol.

As leveduras podem crescer em condições anaeróbias, obtendo energia suficiente para seu crescimento através da fermentação. A presença de leveduras na silagem é considerada indesejável pelo fato de estarem associadas com a deterioração aeróbia da silagem e, também, por competirem com as bactérias ácido lácticas por açúcares, que são fermentados principalmente a etanol. A presença de etanol como preservativo na silagem, sendo perdido, em boa parte, durante a estocagem e fornecimento da silagem (McDONALD et al., 1991). As leveduras podem utilizar, alternativamente, açúcares e também ácido láctico.

As leveduras não são inibidas pelo baixo pH encontrado nas silagens, podendo sobreviver em pH variando de 3,5 a 6,5, sendo que algumas espécies são capazes de sobreviver sob pH inferior a 2,0 (McDONALD et al., 1991).

Na síntese do etanol, a glicose e a frutose são degradadas pela via 6-fosfogluconato até gliceraldeído-3-fosfato e acetilfosfato. O gliceraldeído é oxidado a piruvato, que é reduzido a lactato na via homofermentativa. O acetilfosfato age como receptor de hidrogênio e é reduzido a etanol ou acetato. A proporção de etanol e acetato depende do potencial oxi-redutor do sistema, se receptores adicionais de hidrogênio, como o oxigênio e a frutose estiverem disponíveis, não há formação de etanol, o oxigênio é reduzido a peróxido de hidrogênio e a frutose é reduzida a manitol (McDONALD et al., 1991).

A presença de leveduras, na ordem de 10^6 ufc/g de forragem (ALLI et al., 1983) é considerada indesejável no processo de ensilagem porque estes microrganismos não contribuem para a acidificação e, estão associados com a deterioração aeróbia das silagens (DRIEHUIS et al., 1999). De acordo com Woolford (1990), na maioria das silagens a população de leveduras pode aumentar drasticamente em apenas três dias, podendo passar de menos de 10^2 ufc/g de MS para até 10^{12} ufc/g MS de silagem.

A produção de etanol na ensilagem da cana-de-açúcar é o principal desafio da pesquisa, que busca por processos que controlem adequadamente as leveduras, mantendo a qualidade da silagem e o desempenho de animais.

Nem todo o etanol produzido na fermentação vai estar presente na silagem no momento da alimentação dos animais. Pedroso (2003) apresentou a evolução temporal do etanol durante a ensilagem da cana-de-açúcar (Figura 1), e a partir do 45º dia de

ensilagem até 180° houve redução dos teores de etanol, devido à possível volatilização desse componente que poderia ter superado a taxa de síntese nesse período.

O etanol é potencialmente aproveitável como substrato energético para os ruminantes através da conversão a acetato no rúmen (CHALUPA et al., 1964) ou, pode ser absorvido pela parede ruminal. Entretanto, grande parte do etanol produzido nas silagens é perdido por volatilização durante a estocagem nos silos, retirada e fornecimento da silagem no cocho (ALLI et al., 1982). A produção de etanol representa perdas de 48,9% de MS dos substratos (McDONALD et al., 1991), sendo essa perda composta principalmente por carboidratos solúveis.

Durix et al. (1991), avaliaram o efeito da infusão de doses de etanol marcado com ^{14}C (1, 4 e 8 g/L/dia), em um simulador ruminal de fluxo semicontínuo (Rusitec), e observaram elevação de até 40% na produção de AGVs, principalmente ácido acético. Contudo, apenas pequena parte do etanol foi convertida a AGVs, sendo a maior parte rapidamente absorvida pela parede ruminal.

2.2.1.4 Aditivos químicos

Alguns dos aditivos químicos mais freqüentemente avaliados na ensilagem da cana-de-açúcar, são uréia (CASTRO NETO et al., 2003; PEDROSO, 2003; PEDROSO et al., 2002; ALVAREZ & PRESTON, 1976; SILVESTRE et al., 1976), hidróxido de sódio (PEDROSO et al., 2002; CASTRILLÓN et al., 1978) e benzoato de sódio (PEDROSO et al., 2002).

Dentre os aditivos químicos utilizados, a uréia tem se mostrado eficiente em melhorar a qualidade das silagens de cana-de-açúcar, diminuindo a população de leveduras e mofos, reduzindo a produção de etanol, as perdas de MS e de carboidratos solúveis, e eventualmente, aumentando o valor nutritivo das silagens tratadas em comparação a silagens não aditivadas (ALLI et al., 1983; LIMA et al., 2002).

Alguns pesquisadores (ANDRADE & FERRARI JR., 2003; PEDROSO 2003; SCHMIDT et al., 2004b; SIQUEIRA, 2005) avaliaram a uréia na ensilagem da cana, em doses variando de 0,5 a 2,0% da massa verde.

De acordo com Kung Jr et al. (2003), a amônia, uréia, mistura de água ou melaço com amônia, ou uréia e minerais, têm sido adicionadas em forragens no momento da

ensilagem, ocasionando elevação no teor de proteína bruta e da estabilidade aeróbia. A uréia destaca-se em função de sua ampla disponibilidade no mercado e do custo satisfatório por unidade de nitrogênio remanescente na massa ensilada (NUSSIO e SCHMIDT, 2005).

Alli et al (1983) avaliaram o padrão de fermentação de silagem de cana-de-açúcar aditivada com amônia (16,9 kg NH_3 /t de MS), resultando em redução na população inicial de leveduras e mofos, menor produção de etanol, redução nas perdas de MS em 67,5% e de carboidratos solúveis em 47%, aumento no teor de ácido láctico e redução no teor de FDA. Ocorreu, no entanto, produção de ácido butírico na silagem tratada. Em um segundo experimento, utilizando menor concentração do aditivo (3,42 kg NH_3 /t de MS), os mesmos pesquisadores observaram melhor qualidade para a silagem tratada, sem a produção de ácido butírico, no entanto, constataram maiores perdas de MS e de carboidratos solúveis, e maior concentração de etanol, sugerindo que a concentração ótima de amônia, que resultaria em boa preservação da silagem sem a produção excessiva de ácido butírico, deveria estar entre as duas concentrações avaliadas.

Alli et al. (1983) observaram redução de 93% dos teores de carboidratos solúveis em sete dias de fermentação da silagem de cana-de-açúcar e relacionaram esta redução à alta população de leveduras presente na silagem (10^8 ufc/g de silagem) com dois dias de fermentação, enquanto nas silagens tratadas com hidróxido de amônia (28% de N) a perda de carboidratos solúveis foi de 17,5% e a quantidade de leveduras foi de 10^5 ufc/g de silagem.

Alvarez e Preston (1976), utilizando uréia na ensilagem da cana-de-açúcar, para controlar as perdas de açúcares aferidos pelo Brix, observou que a dose de 1,02% de uréia foi a que apresentou melhor resultado na redução do teor de açúcares, cerca de 9%, enquanto que, a silagem não aditivada apresentou perdas de 40% dos açúcares. Pedroso (2003) avaliou 4 doses de uréia (0; 0,5; 1,0 e 1,5%) na ensilagem da cana-de-açúcar e obteve redução nas perdas totais de matéria seca de 18,2%, 12,2%, 7,59% e 6,56%, respectivamente. O mesmo autor também observou que as silagens tratadas com uréia, NaOH, benzoato de sódio e sorbato de potássio apresentaram maior digestibilidade que a silagem não aditivada ($P < 0,05$), a qual apresentou DVIVMS de

45,4%. O tratamento das silagens com uréia 1,5%, NaOH 1 e 2% e benzoato de sódio 0,2% resultaram em silagens com maior estabilidade aeróbia em relação à silagem sem aditivos, que foi estável por 65 horas.

Alvarez e Preston (1976) testaram soluções contendo 34% de amônia aquosa (28% NH_3) e 66% de melaço, em comparação com outras contendo 17% de uréia, 17% de água e 66% de melaço, tendo detectado que ambas soluções apresentaram efeito positivo sobre a preservação das silagens, porém com efeito superior da amônia, aferida com base na menor perda de açúcares solúveis.

Pedroso (2003) observou que em silagens de cana-de-açúcar tratadas com 0,5% de uréia houve menor produção de etanol e gás quando comparado ao tratamento controle. Castro Neto (2003) utilizando os tratamentos (controle, 0,5% uréia, 0,5% de zeolita, 0,5% uréia+ 0,5% zeolita e duas fontes de inoculante bacteriano), constatou que o tratamento com 0,5% de uréia apresentou a menor concentração de etanol, porém, foi estaticamente semelhante ao tratamento controle, pois a uréia utilizada nessa concentração não foi capaz de elevar o pH inicial da silagem a valores que fossem prejudiciais ao desenvolvimento de leveduras.

Trabalhos de pesquisa publicados recentemente no Brasil (LIMA et al., 2002; MOLINA et al., 2002), relataram que silagens de cana-de-açúcar tratadas com doses variando entre 0,5 e 1,5% de uréia, propiciaram bom padrão de fermentação e melhor composição bromatológica, como teor mais elevado de MS e PB e teores mais baixos de FDA e FDN, em comparação à silagem de cana exclusiva.

Pedroso et al., 2002 obteve resultados expressivos na recuperação de matéria seca (90,5%) para os tratamentos com diferentes doses de uréia (0,5; 1,0 e 1,5%) em relação ao controle (80,9%).

2.2.1.5 Aditivo bacteriano

Atualmente existe interesse crescente em se avaliar o uso de aditivos bacterianos, para o controle da fermentação alcoólica, com o objetivo de inibir a atividade de leveduras. Na Europa e nos Estados Unidos, estes inoculantes são utilizados para melhorar a estabilidade aeróbia das silagens de milho, sorgo e de grãos de cereais. No Brasil, a pesquisa com estes inoculantes vêm sendo intensificada,

lático) é usado como substrato no metabolismo da levedura, potencializando a produção de etanol (PEDROSO et al., 2002; SILVA, 2003).

As bactérias heterofermentativas fermentam glicose produzindo ácido lático e etanol, enquanto a frutose é fermentada a ácido lático, ácido acético e manitol. O *L. buchneri* não possui a enzima acetaldeído desidrogenase responsável pela redução de acetaldeído a etanol.

Por outro lado, as bactérias heterofermentativas *Lactobacillus buchneri*, têm se mostrado capazes de reduzir a população de leveduras (DANNER et al, 2003) e aumentar a estabilidade aeróbia de silagens de milho e de gramíneas de clima temperado por inibir o desenvolvimento de leveduras (RANJIT AND KUNG, Jr., 2000, TAYLOR et al., 2002).

2.2.1.5.1 Estabilidade aeróbia

O manejo do painel do silo é importante pois quanto menores forem as taxas de retiradas diárias maiores serão as perdas por deterioração devido maior tempo de exposição aeróbia. Mesmo que os tratamentos adotados na ensilagem tenham favorecido a preservação dentro do silo, após a sua abertura, estes efeitos podem ser anulados pela longa exposição aeróbia ou por não serem efetivos em manter a silagem em boas condições, sem aquecimento significativo.

Após a silagem ser exposta ao ar, ocorrem dois picos de aumento de temperatura, o primeiro devido à ação de leveduras, o qual ocorre em até três dias e o segundo causado por fungos, ocorre após três a quatro dias. Os principais substratos utilizados no processo de respiração destes organismos são os carboidratos e o ácido lático, mais encontrados em silagens inoculadas ou emurchecidas. Então, o pH e a temperatura tendem a aumentar, perdendo-se matéria seca e aminoácidos, gerando amônia que contribui na elevação do pH (McDONALD, 1981).

Driehuis et al. (1999) sintetizaram os aspectos envolvidos na conservação e deterioração das silagens e, também, chamam atenção para o fato que durante o período de estocagem algum oxigênio penetra por difusão ou por dano físico do material usado na cobertura dos silos. Após a abertura dos silos, a exposição da silagem ao oxigênio é inevitável e causa o crescimento de microrganismos aeróbios

facultativos que, eventualmente, causam a deterioração da silagem. Esses autores ressaltaram que o processo de deterioração aeróbia é iniciado por leveduras ácido tolerantes e, em silagens de milho, ocasionalmente por bactérias produtoras de ácido acético, sendo que, à medida que ocorre o processo de oxidação dos produtos da fermentação da silagem, o pH se eleva e outros microrganismos começam a proliferar. Os autores concluíram, chamando a atenção para o fato de que este processo resulta não só em perdas de componentes nutritivos da silagem, mas pode também comprometer sua qualidade higiênica, devido ao desenvolvimento de microrganismos patogênicos.

Oude Elferink et al. (2001) mostraram a capacidade do *L. buchneri* de degradar em condições anaeróbias, ácido láctico em ácido acético e 1,2-propanodiol, em quantidades equimolares.

Mais recentemente, o uso do *L. buchneri* em silagem de cana-de-açúcar tem propiciado melhora nas características fermentativas dessas silagens como relatado por Pedroso (2003), que observou redução na produção de etanol em relação ao controle, as perdas por gases e perdas totais de MS e, também, elevou significativamente a estabilidade aeróbia da silagem.

Vários estudos vêm sendo realizados em todo o mundo (DRIEHUIS et al, 1999, KUNG JR. & RANJIT 2001, OUDE ELFERINK et al, 2001, WEINBERG et al, 2002, PEDROSO, 2003) propondo a utilização do *Lactobacillus buchneri* com o objetivo de ampliar a estabilidade aeróbia das silagens.

Ranjit and Kung (2000), em experimento onde avaliaram inoculantes contendo a bactéria heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*, observaram aumento na produção dos ácidos propiônico e acético, aumento significativo na estabilidade aeróbica e redução na população de leveduras das silagens tratadas.

Taylor & Kung, Jr. (2002) testando doses de aplicação de *L. buchneri* em concentrações na ordem de 10^5 a 10^6 unidades formadoras de colônia (ufc)/g de forragem, constataram que doses iguais ou superiores a 5×10^5 ufc/g foram eficientes no controle do desenvolvimento de leveduras e no aumento da estabilidade aeróbia de silagens de grãos úmidos de milho, observando no entanto, que houve aumento na concentração de etanol (de 0,43 para 0,91% em média).

Driehuis et al. (1999) observaram a presença de 1-propanol e ácido propiônico em silagem de milho inoculadas com *L. buchneri*. De acordo com Danner et al. (2003) o 1-propanol em concentrações superiores a 2% pode elevar a estabilidade aeróbia de silagens e Moon (1983) observou diminuição do crescimento de leveduras na presença de ácido propiônico.

Ranjit e Kung Jr. (2000), utilizando *L. buchneri* na dose de 10^6 ufc/g de forragem, notaram aumento no teor de ácido acético de 1,8% na silagem sem inoculante para 3,6% na silagem inoculada com *L. buchneri*. A contagem de leveduras foi de 10^6 ufc/g de forragem nas silagens não inoculadas e 10^2 ufc/g de forragem nas silagens inoculadas. Em razão disso, a estabilidade aeróbia aumentou comparando-se com as silagens não inoculadas, passando de 26,5 h para mais de 900 h.

Freitas et al. (2004) trabalhando com *L. buchneri* na ensilagem de cana-de-açúcar, não observaram diminuição nas perdas de matéria seca nas silagens inoculadas (33,2 %) em relação às silagens controle (31,1 %). Porém, Pedroso (2003) observou redução nas perdas de matéria seca de 18,2 % em silagem sem aditivo para 8,05 % em silagens aditivadas com *L. buchneri* na dose de $3,64 \times 10^5$ ufc/g MV.

Siqueira (2005) avaliou as perdas fermentativas em silagem de cana-de-açúcar e concluiu que o *Lactobacillus buchneri* e o benzoato de sódio foram os aditivos mais efetivos no controle das alterações durante a exposição aeróbia e, observou também que a inoculação com *L. buchneri* foi efetiva em reduzir as perdas totais (16,3 %) , em relação à silagem sem aditivo (31,0%).

2.2.2 Material e Métodos

2.2.2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia, na USP/ESALQ, em Piracicaba - SP, no período de 29 de setembro de 2003 a 12 de janeiro de 2004.

2.2.2.2 Tratamentos adotados

Para a confecção das silagens do experimento, a variedade de cana-de-açúcar RB 85-5536 foi colhida e picada, sem a retirada da palha, através de uma picadora de facas estacionária, regulada para obtenção de partículas com tamanho médio entre 5 a 10 mm.

Os tratamentos foram:

- 1) Controle ;
- 2) U1% (uréia 1,0% na MV);
- 3) U1,5% (uréia 1,5% na MV);
- 4) U2% (uréia 2,0% na MV);
- 5) LB (aditivo microbiano *Lactobacillus buchneri*).

2.2.2.3 Aplicação dos tratamentos

a) Aplicação do aditivo microbiano

O aditivo bacteriano usado foi o LaSil Cana[®] (Lallemand), contendo a bactéria *Lactobacillus buchneri* 40788 na forma granulada solúvel. A diluição foi realizada seguindo-se recomendação do fabricante visando o fornecimento de 5×10^4 unidades formadoras de colônias - ufc/g MV, utilizando-se 1,89 L de solução/t de forragem, sendo a diluição realizada em água destilada, e posteriormente feita a aplicação uniformemente sobre a forragem previamente quantificada com um pulverizador manual.

b) Aplicação da uréia

A uréia foi aplicada, manualmente e a granel, em pequenas quantidades sobre a forragem previamente quantificada, e, simultaneamente, homogeneizando-os sobre uma lona plástica.

2.2.2.4 Silos experimentais

O material produzido foi ensilado em 20 silos experimentais constituídos por baldes plásticos de 20 litros (microsilos), contendo 5 tratamentos com 4 repetições por tratamento.

Em cada balde foi adaptada uma "válvula de Bunsen" para eliminação de gases, localizada na tampa. Para a coleta de possíveis efluentes, no fundo de cada balde foram colocados dois quilos de areia seca, separados da silagem por tela fina de plástico e uma camada de tecido fino de algodão.

2.2.2.5 Procedimento de enchimento dos silos experimentais

Para que não houvesse diferença entre as densidades da silagem entre os baldes, foi estimada a quantidade máxima (em kg) de forragem possível de ser acondicionada nos mesmos e cada balde recebeu a mesma quantidade de forragem, previamente estabelecida. Pequenas camadas de forragem (aproximadamente 10 cm) foram sendo acomodadas e compactadas com o pé dentro dos baldes. Após o enchimento, os baldes foram fechados com as tampas apropriadas e pesados. Após a pesagem, as tampas foram vedadas com fita plástica auto-adesiva, para impedimento da entrada de ar.

Os baldes foram transportados e mantidos em local coberto, e monitorados, sob temperatura ambiente.

2.2.2.6 Abertura dos silos experimentais

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados aos 90 dias após a ensilagem, quando os baldes foram abertos, pesados e amostras foram colhidas. Cada amostra de silagem foi composta por duas a três porções retiradas da parte central da massa de forragem contida em cada balde. As amostras destinadas à determinação do pH, dos teores de etanol, nitrogênio amoniacal, N na amostra úmida e carboidratos solúveis em água, foram colocadas em sacos de plástico e estocadas em congelador (-5°C). As

amostras utilizadas para as demais análises bromatológicas foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa com ventilação forçada a 60°C por 72 h.

2.2.2.6.1 Determinação das perdas

A perda de matéria seca na forma de gases foi calculada pela diferença entre o peso bruto inicial e final dos minisilos. A quantidade de efluentes foi estimada pela diferença entre o peso inicial e final dos baldes contendo apenas a areia, a tela plástica e o tecido de algodão. A perda total de matéria seca das silagens, foi calculada pela diferença entre as quantidades de matéria seca da forragem inicialmente adicionada em cada minisilo e da silagem no dia da abertura.

2.2.2.6.2 Perdas por gases

No momento da abertura, o balde cheio e ainda vedado foi pesado e a diferença de peso observada neste momento, em relação ao peso computado na data de fechamento, correspondeu a perda de massa na forma de gases, conforme Equação 1 a seguir:

$$G = \frac{(P_{fe} - P_{ab})}{(MF_{fe} \times MS_{fe})} \times 1000 \quad (1)$$

onde,

G = perda por gases (% MS);

P_{fe} = peso do balde cheio no fechamento (kg);

P_{ab} = peso do balde cheio na abertura (kg);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg);

MS_{fe} = teor de matéria seca da forragem no fechamento (% MS).

2.2.2.6.3 Determinação da produção de efluente

Após retirar toda forragem do silo experimental, pesou-se o conjunto vazio (balde + areia + pano + tela + tampa) e, subtraiu-se deste o peso do conjunto antes da

ensilagem, com a areia seca, estimando-se a produção de efluente, que foi drenado para o fundo, conforme a Equação 2 que se segue:

$$E = \frac{(P_{ab} - P_{fe})}{MF_{fe}} \times 1000 \quad (2)$$

onde:

E = produção de efluente (kg t⁻¹ massa verde);

P_{ab} = peso do conjunto (balde+tampa+areia+pano+tela) vazio na abertura, (kg);

P_{fe} = peso do conjunto (balde+tampa+areia+pano+tela) vazio no fechamento, (kg);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg).

2.2.2.6.4 Determinação do índice de recuperação de matéria seca

Esta determinação foi obtida com base na diferença de peso obtida pela pesagem da massa de forragem nos momentos da ensilagem e da abertura e seus respectivos teores de MS, calculando-se a recuperação de MS (RMS), pela Equação 3:

$$RMS = \frac{(MF_{ab} \times MS_{ab})}{(MF_{fe} \times MS_{fe})} \times 100 \quad (3)$$

onde:

RMS = índice de recuperação de matéria seca (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de matéria seca da forragem na abertura (%);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg);

MS_{fe} = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

2.2.2.7 Ensaio de estabilidade aeróbia

Os baldes foram preparados para o ensaio de estabilidade aeróbia que foi realizado durante 10 dias (2 leituras/dia), com coleta de amostra das silagens e elaboração de curvas de pH, temperatura e perdas de MS.

A estabilidade aeróbia das silagens (expressa em horas) foi avaliada com base no controle da temperatura das silagens expostas ao ar, segundo método adaptado de Kung, Jr. (2000). Amostras únicas de aproximadamente 3,5 kg das silagens de cada tratamento foram colocadas sem compactação em baldes de plástico sem tampa, mantidos em local fechado para evitar-se grandes variações na temperatura ambiente. As temperaturas foram tomadas 2 vezes ao dia (07:00 e 19:00 h) por meio de termômetros posicionados no centro geométrico da massa de forragem de cada balde. Foi considerado o início da deterioração quando a temperatura das silagens atingiu 2°C acima da temperatura ambiente. Juntamente com a leitura de temperatura, os baldes foram pesados para verificação de alteração de massa. No horário da segunda leitura (19:00) amostras foram coletadas diariamente para determinação de pH e no primeiro, quinto e décimo dia para avaliação do teor de MS.

2.2.2.8 Análises químico-bromatológicas

Todas as amostras coletadas e congeladas, na ensilagem e abertura dos baldes, foram descongeladas, secas em estufa de ventilação forçada a 60°C (SILVA, 1981), por 72 horas, moídas em moinho tipo Wiley provido de peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro.

O teor de PB foi determinado pelo método macro Kjeldahl (AOAC, 1990), em amostras úmidas de silagem que haviam sido mantidas congeladas (- 5°C).

A determinação da composição químico-bromatológica da forragem e das silagens foi realizada utilizando-se o método de espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIRS) (COZZOLINO et al., 2001), visando a redução no número de amostras e otimização tanto do tempo como dos custos de análises.

O material moído foi escaneado para obtenção dos espectros NIRS. O equipamento utilizado foi o espectrômetro modelo NIRS 5000 (NIRSystems®, Silver

Spring, MD, USA) acoplado a um microcomputador equipado com *software* WinISI II versão 6.2 (Intrasoft International, PA).

As amostras foram escaneadas nesse equipamento obtendo leituras compreendidas entre os comprimentos de onda de 700 a 2100 nm. Esses espectros foram armazenados em curvas log (1/R, onde R é o valor da reflectância), em intervalo de 2 nm. Utilizaram-se os métodos de seleção de amostras existentes no *software* do equipamento e foram descartadas as amostras distantes mais de 3 H (distância padronizada de Mahalanobis) da média, e essas foram consideradas como *outliers*. Adotou-se uma distância mínima de 0,6 H entre amostras para seleção daquelas em que seriam efetuadas as análises bromatológicas convencionais, ou seja, onde o valor *outlier* (H) é usado para eliminar amostras com distâncias espectrais muito afastadas da média da população (SHENK & WESTERNHAUS, 1991; MATHISON et al., 1999).

O procedimento realizado pelo programa foi o seguinte: as amostras para calibração foram selecionadas com base no espectro, usando a subrotina ISI SELECT (SHENK & WESTERNHAUS, 1991), que começa identificando o espectro representativo de espectros vizinhos, descartando os similares. Então, o programa avalia todas as amostras remanescentes e repete o procedimento até que só reste o mínimo possível de amostras.

O procedimento SELECT usa uma distância H padronizada entre pares de amostras para definir vizinhanças e baseia-se na suposição de que somente uma amostra seja requerida para representar todas as amostras contidas naquele grupo de vizinhança. Quanto mais heterogêneo for o grupo de amostras escaneadas maior deverá ser o número de amostras selecionadas para abranger toda amplitude espectral (MATHISON et al., 1999).

Nas amostras selecionadas pelo NIRS foram realizadas análises convencionais do teor CZ (AOAC, 1990), os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e os teores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram obtidos através do método seqüencial proposto pela ANKOM Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY), citados por Holden (1999).

Para análise da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), os alimentos foram incubados por período de 48 horas de digestão *in vitro*, segundo metodologia descrita por Tilley e Terry (1963) modificado por Goering e Van Soest (1970).

Após análise química convencional os valores foram inseridos no banco de dados e permitiram ao *software* do programa NIRS predizer o valor das demais amostras não analisadas. Após a realização dessas análises foram utilizados métodos estatísticos existentes no *software* do NIRS para o desenvolvimento de equações de predição para as amostras restantes.

2.2.2.8.1 Extrato aquoso: pH, carboidratos solúveis, nitrogênio amoniacal e etanol

Após descongelamento das amostras foi realizada a medição do pH com o uso de potenciômetro digital modelo DM 20, marca Digimed[®], seguindo método proposto por Kung Junior et al. (1984). Para tanto, utilizou-se 25 g de amostra e 225 mL de água deionizada, os quais foram processados em liquidificador industrial, modelo TA-02, da marca Skymssen[®], durante um minuto, dando origem ao extrato aquoso, que teve seu pH medido e foi, posteriormente, filtrado em papel de filtro Whatman[®] 54. Após a filtração, o extrato foi acidificado com H₂SO₄ a 50%, centrifugado e congelado para posterior análise de etanol, carboidratos solúveis (CS) e N na forragem úmida.

Para análise do teor de carboidratos solúveis foi utilizado o método adaptado de Dubois et al, (1956) com leitura em 490 nm e diluindo-se os extratos aquosos das amostras de silagens, na proporção de 1mL de extrato para 20, 25 ou 30 mL de água destilada. Também no mesmo extrato aquoso foi analisado o teor de N-NH₃ (CHANEY & MARBACH, 1962), com leitura em 550nm, ambos lidos em espectrofotômetro JENWAY-6405 UV/VIS[®].

As análises do teor de etanol foram realizadas por meio de leitura direta em autoanalisador YSI 2700 Select (Biochemistry Analyser, Yellow Spring, OH, EUA).

2.2.2.9 Análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições por tratamento. Os dados foram analisados utilizando-se o

procedimento GLM do programa estatístico SAS®, versão 8 para Windows® (SAS, 1999). Para efeito de comparação de médias entre tratamentos foi utilizado o teste de média dos mínimos quadrados LSMEANS, com nível de significância de 5%.

2.2.3 Resultados e Discussão

2.2.3.1 Índice de recuperação de matéria seca (RMS) das silagens.

A recuperação de matéria seca (RMS) da silagem representa a eficiência de preservação da matéria seca em relação à forragem ensilada. A RMS é afetada pela produção de gases (PG) e pela produção de efluentes (PE) (MARI, 2003).

Resultados referentes aos valores dos índices de recuperação de matéria seca (%) são apresentados na Tabela 1, onde pode ser observado que houve efeito de tratamento ($P < 0,05$).

Os tratamentos contendo uréia 1,0% e 2,0% não diferiram entre si e apresentaram similaridade com as silagens aditivadas de *L. buchneri* (LB), sendo superior à silagem não aditivada. O tratamento controle e uréia 1,5% mantiveram-se semelhantes quanto à RMS, 77,26 e 82,42%, respectivamente.

Pedroso (2003) avaliando a RMS da silagem de duas variedades de cana-de-açúcar tanto no tratamento sem adição de uréia como no tratamento contendo 0,5% uréia observou valores inferiores aos do presente trabalho, variando entre 64% e 76%.

Santos (2004) obteve RMS maior (81,15%) para a cana-de-açúcar ensilada aos 24 meses de idade fisiológica, provavelmente, em razão do maior teor de MS. Para cana-de-açúcar colhida aos 11 meses de crescimento vegetativo a RMS foi de 71,76%. Os tratamentos utilizando uréia (1% MV) e milho desintegrado com palha e sabugo foram os mais eficientes na preservação da MS naquele estudo.

Campos et al. (2003) quantificou a PG e a RMS de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivo químico (NaOH) e inoculante bacteriano (*L. plantarum*). Os valores de RMS em 3 variedades de cana-de-açúcar, RB835486, SP791011 e RB72454 e inoculadas com *L. plantarum* foram: 78,98; 83,69 e 73,70%, respectivamente.

Sousa et al. (2005) testando os aditivos uréia (1,0 % MV), LB (5×10^5 ufc/g MV) e *Pediococcus* com LB (5×10^5 ufc/g MV) encontrou valores de 68,51, 63,30 e 74,24% de

recuperação de MS, respectivamente. Esses valores são inferiores ao encontrado no presente trabalho, que obteve média de 82,47% de RMS, podendo ser, possivelmente, explicado pela elevada perda por gases e efluentes relatados por Sousa et al. (2005).

2.2.3.2 Produção de efluentes das silagens

Resultados referentes aos valores de perdas por produção de efluente (PE) (kg/t MV) são apresentados na Tabela 1, onde pode ser observado que não houve efeito de tratamento.

Houve pequena produção de efluente em todos os tratamentos analisados, possivelmente pelo fato da forragem ter sido ensilada com teor de MS superior à 28%, situação em que as perdas por efluente são mínimas (McDONALD et al., 1991). Segundo Haigh (1999) e Jones & Jones (1995) nas forragens ensiladas com teores de matéria seca em torno de 30%, a produção de efluente deve ser pouco significativa. Houve tendência do tratamento contendo LB em apresentar menor produção de efluente, possivelmente, por promover menor lise de células.

Pedroso et al. (2005) utilizando cana-de-açúcar ensilada sem aditivo, em um ensaio semelhante, encontrou valor superior de produção de efluentes (13,3 kg/t MV) contra 6,72 kg/t MV do presente estudo, com o mesmo período de estocagem (90 dias), embora em ambos a PE tenha sido pouco expressiva. Em outro ensaio, o mesmo autor, utilizando doses de uréia de 0,5; 1,0 e 1,5% na MV encontrou valores de 28,5; 32,2 e 26 kg/t MV de produção de efluente, respectivamente, contrastando com os valores do presente estudo, onde doses semelhantes de uréia (1,0 e 1,5% na MV) revelaram os valores de PE de 7,81 e 8,16 kg/t MV, respectivamente.

O valor de PE encontrado com a inoculação de LB ($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV) foi de 22,8 kg/t MV por Pedroso (2003) enquanto que no presente estudo, com dose superior de LB (5×10^4 ufc/g MV), o valor de PE foi de 6,10 kg/t MV. O maior valor de PE encontrado por Pedroso (2003) pode ser explicado pelo fato de que a forragem foi ensilada com teor de MS inferior (27-28% de MS) ao do presente estudo. Em outro ensaio, Pedroso (2003) utilizando a mesma variedade de cana-de-açúcar, mas no segundo corte dessa cana, o valor médio de PE encontrado com inoculação de LB

($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV) foi de 2,30 kg/t MV, que se aproxima mais ao observado no presente estudo (6,10 kg/t MV).

Schmidt et al (2004) em ensaio avaliando as perdas no processo de ensilagem de duas variedades de cana-de-açúcar, com e sem adição de uréia obtiveram valor médio de PE (35 kg/ t MV) superior ao do presente trabalho.

Siqueira (2005) utilizando cana-de-açúcar ensilada em microsilos constituídos de tubos de PVC observou para os tratamentos com 1,5% de uréia na MV e LB valores de PE de 56,5 kg/t MV e 66,5 kg/t MV, respectivamente. A explicação dada pelo autor a esses valores elevados de PE foi à picagem fina do material, onde houve fragmentos muito pequenos e também à utilização de microsilos de PVC, que permitem a obtenção de densidade maior na silagem.

Santos (2004), também utilizando cana-de-açúcar ensilada em tubos de PVC, obteve para o tratamento aditivado com 1% de uréia na MV, o valor de PE de 70,02 kg/ t MV. Ocorreu maior produção de efluentes para o tratamento com colheita aos 11 meses em relação à maior idade fisiológica (24 meses), provavelmente devido ao menor teor de MS (24,47% MS) e maior teor de carboidratos solúveis na idade de 11 meses, ocorrendo assim, maior atividade de microrganismos e, conseqüentemente, maior produção de CO₂ e água, acarretando maior lixiviação de nutrientes.

Sousa et al. (2005) testando os aditivos uréia (1,0 % MV), LB (5×10^5 ufc/g MV) e *Pediococcus* com LB (5×10^5 ufc/g MV) encontrou valores de 45,35, 46,13 e 44,36 kg/t MV para produção de efluentes, respectivamente. Esses valores são bem superiores aos encontrados no presente trabalho, o teor de MS para o tratamento com uréia, conforme relatado pelos autores, foi ao redor de 30% e no tratamento com LB, o teor de MS do presente estudo foi de 30,25%, enquanto que para Sousa et al. (2005) foi de 25%.

Silva et al. (2003) utilizando cana-de-açúcar ensilada sem aditivos obteve 20,16% de perdas por efluente aos 45 dias de ensilagem.

Com base nos dados do presente experimento e nos demais mencionados pode-se inferir sobre a existência de relação entre teor de MS da forragem da cana na ensilagem e a produção de efluentes, como previamente observado por Jones & Jones (1995), avaliando azevém.

2.2.3.3 Perdas por gases das silagens

Resultados referentes aos valores de perdas por gases (PG) (% MS) são apresentados na Tabela 1, onde pode ser observado que houve efeito de tratamento ($P < 0,05$).

A silagem controle apresentou maior produção de gases (22,19% MS), que levou ao menor índice de recuperação de MS (77,26%) mostrando que a silagem de cana não aditivada apresenta maiores perdas.

O tratamento com LB e o tratamento uréia 2,0% apresentaram menor produção de gases, provavelmente por inibir a atuação de leveduras produtoras de etanol. Para os tratamentos utilizando uréia não houve diferença significativa para os três níveis de uréia testados.

Pedroso (2003) utilizando 1,5% da MV com uréia encontrou valor semelhante ao presente estudo para perdas por gases (11,9% MS) e valor inferior para o tratamento controle (10,3% MS). Com a inoculação de LB ($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV) a PG foi de 8,93% MS, valor inferior ao do presente estudo (14,97% MS). Em outro ensaio, o mesmo autor, utilizando novamente LB ($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV) em silagens de cana observou PG de 6,73% na MS.

Na avaliação de Siqueira (2005), as perdas por gases para o tratamento com 1,5% de uréia na MV da cana-de-açúcar foi de 13,2 % MS, valor próximo ao do presente estudo, onde para o mesmo tratamento o valor encontrado foi de 16,87% MS. No tratamento com LB o valor encontrado foi de 13,2 % MS, valor próximo ao do presente estudo (14,97% MS). As doses utilizadas de LB foram, teoricamente, semelhantes.

Santos (2004) utilizando cana-de-açúcar ensilada em microsilos de PVC, observou efeito significativo nas perdas por gases avaliando duas idades diferentes de corte de cana-de-açúcar (11 e 24 meses). Houve maior produção de gases na silagem de cana-de-açúcar colhida aos 11 meses em relação aos 24 meses, gerando perdas médias de 9,83% e 8,24%, respectivamente. A explicação apresentada por Santos (2004), para a maior produção de gases, na silagem de cana-de-açúcar colhida aos 11

meses, foi, provavelmente, associada ao menor teor de MS e maiores teores de sacarose presente na forragem.

Schmidt et al., 2005, analisando dois tipos de variedade de cana-de-açúcar (IAC86-2480 e IAC87-3184), sem e com adição de 0,5% de uréia na MV, obtiveram os seguintes resultados: aumento no teor de MS da silagem, menores perdas por gases e perdas totais de MS, com a adição de uréia, porém, apenas para a variedade IAC86-2480.

Sousa et al. (2005) testando os aditivos uréia (1,0% MV), LB (5×10^5 ufc/g MV) e *Pediococcus* com LB (5×10^5 ufc/g MV) encontrou valores de 28,01, 33,49 e 22,18% para perdas por gases, aos 110 dias de ensilagem, respectivamente. No tratamento com uréia (1,0% MV), do presente estudo, a perda por gases (15,98%) foi bem inferior à apresentada por Sousa et al. (2005). O mesmo ocorreu com LB, onde a perda por gases também foi bem inferior (14,97%) às relatadas pelos demais autores. Essa diferença pode ter sido devida ao fato de Sousa et al. (2005) terem avaliado ao 110º dia de ensilagem e não ao 90º dia, como no presente estudo, embora seja improvável.

De acordo com Pedroso (2003), a produção de gases na silagem de cana-de-açúcar revelou-se como bom indicativo da qualidade da silagem, podendo-se sugerir que silagens de cana-de-açúcar que produzam mais gases estariam mais suscetíveis a apresentar maior concentração de etanol, maior perda total de MS, e, conseqüentemente, menor valor nutritivo.

Tabela 1 - Índice de recuperação de matéria seca, produção de gases e efluentes das silagens de cana-de-açúcar confeccionadas sob o efeito de diferentes tratamentos

Variáveis ²	Controle	Uréia 1,0%	Uréia 1,5%	Uréia 2,0%	<i>L. buchneri</i>	Média	EPM ¹	Efeito
RMS, %	77,26 ^b	83,33 ^a	82,42 ^{ab}	84,87 ^a	84,48 ^a	82,47	1,28	*
PE, kg/t MV	6,72	7,81	8,16	7,07	6,10	7,17	0,65	ns
PG, % MS	22,19 ^a	15,98 ^{ab}	16,87 ^{ab}	14,50 ^b	14,97 ^b	16,90	1,45	*

¹ EPM - erro padrão da média

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{abcd} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa

² RMS = recuperação de MS

PE = produção de efluente

PG = perda de gases

2.2.3.4 Composição química das silagens

2.2.3.4.1 Teor de carboidratos solúveis (CS) das silagens

Resultados referentes ao teor médio de CS estão apresentados na Tabela 2. Pode ser observado que não houve efeito entre os tratamentos, apresentando média geral de 5,42%.

As concentrações de CS das silagens do presente estudo apresentaram decréscimo expressivo em relação ao valor médio de CS da cana *in natura* (Tabela 2) que foi igual a 20,55%. Essa afirmação confirma o conceito de que os carboidratos são os principais substratos para a fermentação da silagem, principalmente na cana-de-açúcar. Castro Neto (2003) também observou diminuição dos valores iniciais de CS antes da ensilagem (19,71%) para valores oscilando entre 1,68 e 3,47%.

Alli et al. (1983) para a silagem de cana-de-açúcar ensilada sem aditivos observaram valor de 0,92% de CS, sendo este bem inferior ao do presente estudo (4,12%).

O valor de CS (1,68%) observado por Castro Neto (2003), no tratamento contendo 0,5% de uréia foi menor que o encontrado no presente estudo, Pedroso (2003) também analisando o tratamento contendo 0,5% de uréia observou teor de CS de 9,21% e no tratamento com LB, 5,69%, valor inferior ao observado no presente estudo (6,20%) para tratamento similar.

Pedroso (2003) observou variação temporal das concentrações de CS que indica tendência inversa às curvas das concentrações de etanol e das perdas gasosas, evidenciando o desaparecimento de açúcares e perda elevada de MS. Naquele estudo, o tratamento com LB resultou em maior desaparecimento de CS ao longo do tempo.

2.2.3.4.2 pH das silagens

O valor médio do pH da forragem antes da ensilagem foi de 5,42. Os valores de pH das silagens estão apresentados na Tabela 2. Houve efeito de tratamento ($P < 0,01$) para os valores encontrados nas silagens, onde o tratamento uréia 2% apresentou o maior valor de pH (3,85) enquanto que os menores valores foram observados no tratamento LB e no tratamento controle. Segundo McDonald et al (1991) valores de pH

entre 3,8 e 4,2 são esperados para silagens bem conservadas, e no caso, as silagens atingiram valores de pH, inclusive inferior, caracterizando a intensa fermentação dessas silagens.

Os resultados de pH encontrados no presente estudo são similares aos verificados na literatura (PEDROSO, 2003; CASTRO NETO, 2003; SIQUEIRA, 2005; SANTOS, 2004). Molina et al. (2002) obtiveram para silagem de cana tratada com uréia (0,5%) valor de pH de 3,63, e no presente estudo, o tratamento contando com 1% de uréia, o valor do pH foi de 3,67.

Freitas et al. (2004) obtiveram para o tratamento com LB valor médio de pH de 3,51, valor semelhante ao presente estudo.

O pH não deve ser considerado como critério único na avaliação da qualidade das silagens, uma vez que seu efeito inibidor sobre as bactérias depende da velocidade de declínio da concentração iônica, teor de umidade da silagem e capacidade tamponante da silagem (CASTRO NETO, 2003), principalmente daquelas silagens contendo uréia ou qualquer substância que possa elevar a concentração de NH_3 da silagem, pois essa substância absorve íons H^+ presentes no meio, neutralizando-o e limitando a queda do pH dessa silagem (VILELA, 1998).

Kung Jr; Stokes e Lin (2003) relataram que nas silagens utilizando tratamento com uréia os valores de pH poderão ser superiores às não tratadas, se ocorrer uma eficiente transformação da uréia em amônia, pois o hidróxido de amônio é um composto alcalino que inibe o abaixamento do pH. No presente estudo, essa afirmação pode ter sido confirmada apenas para o tratamento uréia 2%, pois nos tratamentos com as demais doses de uréia (1,0% e 1,5%), os valores de pH não foram superiores ao tratamento sem uréia.

2.2.3.4.3 Teor de proteína bruta (PB) das silagens

Resultados referentes ao teor médio de PB estão apresentados na Tabela 2. Pode ser observado que houve efeito de tratamento ($P < 0,01$) para os valores encontrados, onde o maior valor de PB foi obtido no tratamento uréia 2% (21,39%), e, proporcionalmente, na seqüência os tratamentos uréia 1,5% e 1,0% (16,18 e 12,03%) revelaram teores de PB progressivamente menores. Os tratamentos controle e LB

apresentaram os menores teores de PB, com valores semelhantes (3,50% e 3,39%), não diferindo estatisticamente.

Nos tratamentos utilizando LB foram encontrados os seguintes resultados de PB: 3,02% (PEDROSO, 2003) e 2,7% (SIQUEIRA, 2005). Kleinschmit et al. (2005) testando vários aditivos na ensilagem de milho observou que o tratamento com o LB apresentou a menor concentração de PB entre todos os tratamentos utilizados.

Siqueira (2005), no tratamento com 1,5% de uréia, observou teor de PB de 8,8%, valor inferior ao encontrado no presente estudo e mais próximo ao encontrado por Castro Neto (2003), quando este utilizou 0,5% de uréia (7,26% PB). Para o tratamento controle o teor de PB encontrado (2,63%) também foi inferior ao do presente estudo.

Pedroso (2003) no tratamento contendo 1,0 e 1,5% de uréia observou teores de PB de 16,6 e 22,7%, respectivamente, valores superiores aos obtidos no presente estudo. No tratamento controle o teor de PB foi de 4,34%, também superior ao observado neste experimento. Em outro ensaio, o teor de PB para o tratamento uréia 0,5% foi de 7,42%. Andrade e Júnior (2003) encontraram valores de 10,70% de PB em silagem de cana-de-açúcar acrescida de 0,5% uréia. Santos (2004) em silagem de cana contendo 1,0% de uréia encontrou valor médio de 12,42% de PB, valor quase idêntico ao observado no presente estudo, para o mesmo tratamento. Roth et al. (2005) utilizando as doses de 0,5, 1,0 e 2,0% de uréia na ensilagem de cana-de-açúcar encontraram os seguintes valores de PB: 7,0, 10,5 e 21,4%, valores semelhantes ao presente estudo, especialmente no tratamento contendo 2% de uréia. Lima et al. (2002) utilizando doses de 1,0 e 1,5% de uréia observaram valores de PB inferiores às observadas neste experimento: 5,47 e 7,70%.

2.2.3.4.4 Teor de etanol das silagens

Resultados referentes ao teor médio de etanol estão apresentados na Tabela 2. Pode ser observado que houve efeito de tratamento ($P < 0,01$) para os valores encontrados, onde o maior valor de etanol foi obtido para o tratamento controle (5,75%), e os menores valores foram encontrados nos tratamentos uréia 2,0% e LB (2,59 e 2,96%) não diferindo, estatisticamente, entre si. O tratamento LB também foi

semelhante ao tratamento uréia 1% (3,06%) e este, por sua vez, não diferiu do tratamento uréia 1,5% (4,14%).

Andrade e Júnior (2003) encontraram valores de 12,42% de etanol em silagem de cana-de-açúcar acrescida de 0,5% uréia. Pedroso et al (2005) ensilando cana-de-açúcar sem aditivo obteve resultado semelhante (6,81%), ao tratamento controle do presente estudo (5,75%). Pedroso (2003) em outro ensaio, encontrou teor de etanol de 3,82% no tratamento controle, e para os tratamentos uréia 1,0%, uréia 1,5% e LB encontrou valores de 4,09, 3,47 e 1,95%, respectivamente. Também, Pedroso (2003) obteve aos 94 dias após a ensilagem, os seguintes teores de etanol para o tratamento controle e LB: 4,05 e 1,90%, respectivamente e foi observado naquele estudo que os tratamentos, como a uréia, o benzoato, o sorbato e LB levaram à diminuição significativa na concentração de etanol das silagens, em relação ao tratamento controle, apresentando comportamento semelhante ao obtido no presente estudo.

Conforme anteriormente relatado por Pedroso (2003), pode-se sugerir que silagens de cana-de-açúcar que produzam mais gases estariam mais susceptíveis a apresentar maior concentração de etanol, o que foi evidenciado no exemplo do tratamento controle do presente estudo, onde ocorreu maior produção de gases e maior teor de etanol entre os tratamentos.

Bernardes et al. (2002), ensilando cana-de-açúcar sem aditivo encontrou teor de etanol de 6,87%, valor próximo ao tratamento controle do presente estudo. Silva et al. (2003), também ensilando cana-de-açúcar sem aditivo, encontrou teores de etanol mais elevados que nos tratamentos que foram ensilados com diferentes aditivos. Castro Neto (2003), ensilando cana-de-açúcar, observou que os tratamentos contendo uréia e uréia mais zeólita apresentaram as menores concentrações de etanol (8,88 e 8,92%), porém, foram estatisticamente semelhantes ao tratamento controle, possivelmente pelo fato da concentração da uréia (0,5%) utilizada não ter sido suficiente para elevar o pH da silagem, não impedindo, dessa maneira, o desenvolvimento de leveduras.

Kleinschmit et al. (2005), na ensilagem de milho, utilizou LB na mesma dose do presente estudo e obteve valor do teor de etanol (3,09%) semelhante ao aqui relatado (2,96%).

Tabela 2 – Composição química de silagens de cana-de-açúcar confeccionadas sob o efeito de diferentes tratamentos

Variáveis ²	Controle	Uréia 1,0%	Uréia 1,5%	Uréia 2,0%	<i>L. buchneri</i>	Média	EPM ¹	Efeito de trat.
MS, %	30,07	30,22	29,73	31,63	30,25	30,38	1,06	ns
PB, %MS	3,50 ^d	12,03 ^c	16,18 ^b	21,39 ^a	3,39 ^d	11,30	0,51	**
CS, %MS	4,12	4,84	6,12	5,82	6,20	5,42	0,73	ns
pH	3,57 ^{bc}	3,67 ^b	3,67 ^b	3,85 ^a	3,46 ^c	3,64	0,26	**
Etanol, %MS	5,75 ^a	3,06 ^{bc}	4,14 ^b	2,59 ^c	2,96 ^{bc}	3,70	0,279	**

¹ EPM - erro padrão da média

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{abcd} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa

²MS = matéria seca; PB = proteína bruta; CS = carboidratos solúveis;

2.2.3.5 Estabilidade aeróbia das silagens

2.2.3.5.1 Variação térmica, de pH e perdas de MS nas silagens

Na Tabela 3 são apresentados indicadores relativos ao ensaio de estabilidade aeróbia. Não houve diferença significativa entre os tratamentos na fase de estudo da estabilidade aeróbia das silagens e a média observada foi de 82,2 horas.

Para a variável S 0-10 (variação de temperatura acumulada entre zero e dez dias de exposição) houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os tratamentos, sendo que o tratamento uréia 2,0% obteve valor menor que o tratamento uréia 1,0%, mas não diferindo estatisticamente do tratamento uréia 1,5% e do controle. Observando os valores médios de S 0-10, entre todos os tratamentos, em comparação aos valores de S 0-5 (variação de temperatura acumulada entre zero e cinco dias de exposição) pode-se inferir que à partir do 5º dia de exposição à aerobiose houve aquecimento mais intenso nas silagens, onde os valores de S 0-10 foram em média 30% superiores aos valores de S 0-5. Semelhante ao presente estudo, Toledo Filho et al. (2004), observou valor maior para a S 0-10, que foi 40-50% maior que o observado em S 0-5.

O máximo valor do pH também apresentou diferença ($P < 0,01$) entre os tratamentos, onde os maiores valores de pH foram observados para os tratamentos contendo uréia, sempre superiores ao valor de pH encontrado para o tratamento controle (4,77). O tratamento com LB apresentou valor de pH máximo (5,61) intermediário entre as silagens avaliadas, e superior ao encontrado por Toledo Filho et al. (2004) para o mesmo tratamento (3,8).

As perdas de MS acumuladas nos dez dias de avaliação apresentaram diferença significativa ($P < 0,01$) entre os tratamentos, onde o tratamento uréia 2,0% apresentou o menor valor (10,59%) e o tratamento LB apresentou a maior perda de MS (17,79%). Esse valor é similar ao reportado por Toledo Filho et al. (2004) que no tratamento LB, com a mesma dose empregada no presente estudo, apresentou 17,05% de perdas de MS. Esses dados relativos à menor estabilidade aeróbia em silagem com LB são atípicos, uma vez que tradicionalmente, esse aditivo se caracteriza por promover maior resistência ao aquecimento durante a anaerobiose em silagens (KUNG JR, 2000). As

perdas de MS nos primeiros cinco dias de estabilidade aeróbia não apresentaram diferença entre os tratamentos.

Na Tabela 3 observa-se que a silagem controle apresentou estabilidade aeróbia de 81 horas, S 0-5 (temperatura acumulada entre zero e cinco dias de exposição) de 30,25°C e S 0-10 (temperatura acumulada entre zero e dez dias de exposição) de 127,75°C. Esses resultados são superiores aos obtidos por Pedroso (2003), que encontrou para o tratamento controle, estabilidade aeróbia de 65 horas e S 0-5 de 36°C. Já para Siqueira (2005) o valor de estabilidade aeróbia no tratamento controle foi ainda menor: 32 horas, após 5 dias de exposição aeróbia. Em outro ensaio, Pedroso (2003) encontrou para a silagem de cana sem aditivos os seguintes valores de estabilidade aeróbia, S 0-5 e S 0-10: 48 horas, 41°C e 89°C, respectivamente, onde o valor de estabilidade aeróbia foi inferior ao presente estudo, apesar do S 0-10 do presente estudo ter sido superior (127,75°C), apresentando aquecimento mais intenso após o 5º dia de aerobiose.

Pedroso (2003) observou nos tratamentos contendo uréia 1,0% e uréia 1,5%, os seguintes valores de estabilidade aeróbia e S 0-5: 65 horas e 30°C e 79 horas e 13°C, respectivamente. No presente estudo foi encontrado valores mais altos de estabilidade aeróbia para os tratamentos contendo uréia 1,0% e 1,5% (72 e 93 horas, respectivamente). Siqueira (2005), no tratamento contendo uréia 1,5%, observou 40 horas de estabilidade aeróbia, valor inferior ao presente estudo, que para a mesma dose de uréia, obteve 93 horas de estabilidade aeróbia. Essas diferenças podem ser, ao menos em parte, explicada pelo fato de que Siqueira (2005) utilizou como base os cálculos de estabilidade aeróbia conforme o postulado por Driehuis et al. (2001), que estabelece a estabilidade aeróbia como o tempo gasto em horas para a massa de forragem elevar em 1°C a temperatura acima daquela do ambiente, diferindo do presente estudo onde foi estabelecido que a estabilidade aeróbia seria caracterizada como o tempo gasto em horas para a temperatura atingir 2°C acima da temperatura ambiente, seguindo o método proposto por Kung, Jr. (2000).

O tratamento com LB do presente estudo apresentou comportamento antagônico ao observado previamente por outros pesquisadores constatando-se estabilidade aeróbia de 51 horas, não diferindo do tratamento controle (81 horas). Pedroso (2003)

testando o tratamento com *L. buchneri* ($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV) na silagem de cana-de-açúcar observou silagens com estabilidade aeróbia 11% maior e S 0-5 30% menor em relação ao seu respectivo tratamento controle. Siqueira (2005), na silagem de cana contendo LB a estabilidade aeróbia encontrada foi de 60 horas. Toledo Filho et al. (2004) comparando diferentes doses de LB, concluíram que a dose de 1×10^5 ufc/g, maior que a utilizada no presente estudo, mostrou melhor estabilidade aeróbia entre os tratamentos.

Segundo Pedroso (2003), a comparação de dados de estabilidade aeróbia na literatura deve ser feita com cautela, em decorrência de fatores que podem variar entre experimentos como: temperatura de referência adotada, tamanho da alíquota tomada para teste, população de leveduras existente na forragem e condições ambientais predominantes. Em relato recente, Figueiró et al (2005), analisaram as frequências de determinação da temperatura em ensaio de estabilidade aeróbia e considerou que deveriam ser tomadas medidas de temperatura a cada 3 a 5 horas, para que variações de 1 ou 2°C pudessem ser verificadas no material, em relação a temperatura ambiente.

Tabela 3 - Estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar confeccionadas sob o efeito de diferentes tratamentos

Variáveis ²	Controle	Uréia 1,0%	Uréia 1,5%	Uréia 2,0%	<i>L. buchneri</i>	Média	EPM ¹	Efeito de trat.
S 0-5, °C	30,25	51,88	26,50	25,88	83,50	43,60	18,33	ns
S 0-10, °C	127,75 ^{ab}	185,13 ^a	144,50 ^{ab}	98,88 ^b	201,25 ^a	151,50	16,79	**
IAT, horas	135	138	150	189	132	148,80	36,67	ns
Tmáx, °C	40,50	40,75	40,25	39,25	41,75	40,50	0,84	ns
EA, horas	81	72	93	114	51	82,20	20,19	ns
Tpico, horas	120,5	147,0	129,0	180,0	102,0	135,70	27,65	ns
pHmáx	4,77 ^c	8,41 ^a	8,55 ^a	7,46 ^{ab}	5,61 ^{bc}	6,96	0,46	**
pHmáx, horas	216	234	228	222	228	225,60	12,72	ns
pH, horas	-	144 ^b	162 ^{ab}	192 ^{ab}	222 ^a	179,20	14,93-17,94	*
Perda MS 0-5, %	5,05	5,95	5,21	4,84	8,13	5,83	1,00	ns
Perda MS 0-10, %	13,85 ^b	15,87 ^{ab}	13,90 ^b	10,59 ^c	17,79 ^a	14,40	0,58	**

¹ EPM - erro padrão da média

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{abcd} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa

² S 0-5 = acúmulo em cinco dias, da diferença média diária entre a temperatura da silagem no balde e a do ambiente.

S 0-10 = acúmulo em dez dias, da diferença média diária entre a temperatura da silagem no balde e a do ambiente.

IAT = tempo em horas para o início de elevação da temperatura

Tmáx = temperatura máxima

EA = estabilidade aeróbia, tempo em horas até que a temperatura da silagem no balde excede 2 °C ou mais em relação a T° ambiente

Tpico = tempo em horas para ocorrer a maior diferença de temperatura entre as silagens e o ambiente

pHmáx = valor máximo do pH

pHmáx = tempo em horas para o pH atingir o valor máximo

pH = tempo em horas para o pH subir 2 unidades decimais ou mais

Perda MS 0-5 = perda de MS acumulada nos primeiros cinco dias

Perda MS 0-10 = perda de MS acumulada durante dez dias

2.2.3.5.2 Variação na composição químico-bromatológica das silagens

2.2.3.5.2.1 Teor de matéria seca (MS) das silagens

Resultados referentes ao teor médio de MS estão apresentados na Figura 2, que apresenta a evolução temporal do teor de MS durante os dias 0, 5 e 10 do ensaio de estabilidade aeróbia das silagens. Todos os tratamentos apresentaram queda no teor de MS ao longo dos 10 dias de exposição aeróbia. O tratamento uréia 2,0% apresentou o maior teor de MS no início (33,13%) e manteve-se estável até o quinto dia de exposição aeróbia, depois o teor de MS diminuiu (32,10%), tendo apresentado o maior teor de MS ao final dos 10 dias de exposição aeróbia. O tratamento controle foi o único que apresentou tendência de aumento para o teor de MS no quinto dia, oscilou de 30,62% no primeiro dia para 32,59%, no quinto dia, e decresceu para 29,54% no décimo dia. Os demais tratamentos apresentaram redução no teor de MS ao longo dos dez dias, oscilando de 31-32% no primeiro dia até 28-29% no décimo dia.

Uma das razões para o teor de MS da forragem diminuir após a ensilagem pode ser relacionado ao desaparecimento de carboidratos solúveis durante a fermentação (WOOLFORD, 1984). O processo de conversão de açúcares em etanol, realizado pelas leveduras, resulta em perdas de MS, superiores a 48% (McDONALD et al., 1991).

Siqueira (2005) encontrou valores superiores do teor de MS para o tratamento contendo 1,5% de uréia e LB, 44,4 e 37,1%, respectivamente, após cinco dias de exposição aeróbia. Já Castro Neto (2003), observou valores bem inferiores, para o teor de MS, que aqueles encontrados no presente estudo: 21,58% em silagens de cana-de-açúcar contendo 0,5% de uréia.

Lima et al. (2002), em silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia, obtiveram teores de MS um pouco menores (26,12%) que os do presente estudo. Pedroso (2003) também encontrou teores menores de MS, onde na silagem de cana tratada com 1,0, 1,5% de uréia e LB, os teores de MS foram 27,3, 26,4 e 26,5%, respectivamente. Nesses três tratamentos houve pouca variação do teor de MS da forragem original para a forragem ensilada, mostrando a eficiência destes aditivos, como foi observado também no presente estudo, com exceção do LB, que no presente estudo, apresentou-se atípico.

Os valores do teor de MS do presente estudo são semelhantes aos relatados por Roth et al. (2005), que utilizando as doses de 0,5, 1,0 e 2,0% de uréia na ensilagem de cana-de-açúcar encontraram os seguintes teores de MS após a abertura dos silos: 29,7, 30,4 e 30,4%.

Deve-se, contudo, ressaltar que a comparação dos teores de MS das silagens entre estudos, remete à necessidade de se considerar o teor inicial de MS das forragens, e por isso, possivelmente a exploração na variação do teor de MS seja mais significativa que a análise exclusiva do teor de MS absoluto.

2.2.3.5.2.2 Teor de cinzas (CZ) das silagens

Resultados referentes ao teor médio de CZ estão apresentados na Figura 2, que apresenta a evolução temporal das CZ durante os dias 0, 5 e 10 do ensaio de estabilidade aeróbia.

As concentrações de CZ das silagens do presente estudo aumentaram em relação ao valor médio de CZ da cana *in natura* (Tabela 9) que foi de 2,62%. Os teores médios de CZ das silagens oscilaram entre 3,70%, no início da exposição aeróbia, para 4,45% ao final dos dez dias de avaliação. O tratamento contendo 2,0% de uréia foi o mais estável durante os dez dias de exposição aeróbia e, também, o tratamento com o menor teor de CZ, mas estatisticamente não diferiu dos tratamentos contendo 1,5% de uréia e controle. O maior teor de CZ foi observado nos tratamentos contendo LB e uréia 1,0%.

Estes dados de CZ estão próximos aos relatados nas silagens de cana-de-açúcar por Roth et al. (2005) com as mesmas doses de uréia e, foram inferiores aos resultados obtidos por Pedroso (2003), que observaram nas silagens de cana-de-açúcar contendo 0,5, 1,0, 1,5% de uréia e LB, valores de 6,07, 6,01, 5,50 e 5,91%, respectivamente.

Pedroso et al (2005), entretanto, ensilaram cana-de-açúcar que foi queimada previamente à ensilagem, e esse fato poderia ao menos parcialmente, explicar o maior teor de CZ naquele estudo.

2.2.3.5.2.3 Teor de proteína bruta (PB) das silagens

O teor de PB da forragem antes da ensilagem foi de 1,45% (Tabela 5). Em todos os tratamentos, os teores de PB aumentaram após a ensilagem. No tratamento com LB, observou-se que no primeiro dia do ensaio de estabilidade aeróbia o teor de PB se encontrava por volta de 1,70% e, aumentou gradativamente até atingir 2,34% no décimo dia de estabilidade aeróbia (Figura 2). Esse aumento pode ser explicado pela perda de MS e CS, o que poderia provocar, indiretamente, o aumento da participação percentual de PB na MS da silagem.

2.2.3.5.2.4 Teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) das silagens

Resultados referentes ao teor médio de FDN estão apresentados na Figura 2, que apresenta a evolução temporal do FDN nos dias 0, 5 e 10 do ensaio de estabilidade aeróbia. Todos os tratamentos apresentaram aumento progressivo do teor de FDN ao longo dos dez dias, sendo que o tratamento uréia 2,0% apresentou o menor teor de FDN e foi o mais estável, passando de 55% à 57% de FDN. Os demais tratamentos também apresentaram aumento progressivo do teor de FDN, onde o tratamento com LB apresentou o maior valor de FDN no final dos 10 dias. Provavelmente isso ocorreu porque foi o tratamento que apresentou as maiores perdas de MS (Tabela 6) e redução dos CS durante a exposição aeróbia, propiciando assim aumentos percentuais nos teores das frações relacionados à parede celular (FDN, FDA e lignina) (RANJIT & KUNG JR., 2000).

As concentrações de FDN das silagens do presente estudo tiveram aumento expressivo em relação ao valor médio de FDN da cana *in natura* (Tabela 5) que foi de 49,24%.

Andrade e Júnior (2003) encontraram valores de 61,25 % de FDN em silagem de cana-de-açúcar acrescida de 0,5% uréia. Pedroso (2003) nos tratamentos utilizando uréia nas doses 0,5, 1,0 e 1,5% observou valores de FDN de 57,7, 58,2 e 56,8%, respectivamente. A dose de 1,0% de uréia apresentou valor próximo ao do presente estudo para o mesmo tratamento no dia zero de avaliação da estabilidade aeróbia. No

tratamento com LB, Pedroso (2003) obteve 60,6% de FDN, valor próximo ao do presente estudo no dia zero de estabilidade aeróbia.

Siqueira (2005) no tratamento contendo 1,5% de uréia, após 5 dias de exposição aeróbia, obteve valor de FDN bem superior (80,0%) ao presente estudo para o mesmo tratamento. No tratamento com LB, o valor de FDN (68,5%) também foi maior que o observado neste experimento (64,3%) para o mesmo período de avaliação (cinco dias de exposição aeróbia).

Valores de FDN de 67,64% e 67,97%, com doses de 0,5 e 1,0% de uréia, respectivamente, observados por Castro Neto (2003) e Santos (2004) encontram-se próximos aos 71,09% observados no tratamento contendo 1% de uréia no presente estudo.

2.2.3.5.2.5 Teor de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) das silagens

Resultados referentes ao teor médio de FDA estão apresentados na Figura 2, que apresenta a evolução temporal do FDA nos dias 0, 5 e 10 do ensaio de estabilidade aeróbia. Como ocorrido no comportamento da FDN, todos os tratamentos apresentaram aumento progressivo do teor de FDA ao longo dos dez dias, sendo que o tratamento uréia 2,0% apresentou o menor teor de FDA e foi o mais estável, passando de 33,67 a 34,64%. O maior teor de FDA foi observado para o tratamento LB, 44,96%, ao final dos dez dias de exposição aeróbia.

As concentrações de FDA das silagens do presente estudo tiveram um aumento expressivo em relação ao valor médio de FDA da cana *in natura* (Tabela 5) que foi de 28,38%. Esse aumento é justificado, em parte, pelo mesmo motivo da elevação dos teores de FDN, apresentado no item anterior.

Roth et al. (2005) nos tratamentos com 1,0 e 2,0% de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar observaram seguintes valores de FDA: 35,8 e 34,2%, respectivamente, valores semelhantes aos do presente estudo.

Castro Neto (2003), no tratamento utilizando 0,5% de uréia, observou valor de FDA de 43,93%, valor este superior ao presente estudo, e Lima et al. (2002) em

silagens de cana sem aditivo, observaram valores bem maiores de FDA que os aqui apresentados: 53,88%.

2.2.3.5.2.6 Digestibilidade (DIVMS) das silagens

Resultados referentes ao valor médio de DIVMS estão apresentados na Figura 2, que apresenta a evolução temporal da DIVMS nos dias 0, 5 e 10 do ensaio de estabilidade aeróbia. Todos os tratamentos apresentaram decréscimo progressivo do teor de DIVMS ao longo dos dez dias, sendo que o tratamento *L. buchneri* foi constatado o menor valor de DIVMS, passando de 60,20 a 51,51%. O maior teor de DIVMS foi observado para o tratamento uréia 2%, (61,56%) ao final dos dez dias de exposição aeróbia, e que pode ser explicado por Bolsen et al. (2000) que afirmam que, a NH_3 causa a ruptura de algumas ligações ésteres entre os carboidratos (hemicelulose e celulose) e a lignina, fato este que provoca o aumento da digestibilidade do material ensilado e o aumento na disponibilidade destes componentes como substrato para a fermentação.

Os valores de DIVMS das silagens do presente estudo apresentaram decréscimo expressivo em relação ao valor médio de DIVMS da cana *in natura* (Tabela 5) que foi de 67,38%.

Pedroso (2003) observou no tratamento contendo 0,5% de uréia que a DIVMS foi maior (48,6%) do que o tratamento controle (46,6%) e, ambos os valores inferiores ao presente estudo. Castro Neto (2003), no tratamento utilizando 0,5% de uréia, observou valor de DIVMS de 48,55%, valor este ainda inferior ao menor valor encontrado neste experimento. Roth et al. (2005) nos tratamentos com 1,0 e 2,0% de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar observaram seguintes valores de DIVMS: 50,0 e 53,2%, respectivamente, também inferiores ao presente estudo.

Siqueira (2005) no tratamento contendo 1,5% de uréia, após 5 dias de exposição aeróbia, obteve valor de DIVMS muito inferior (41,0%) ao presente estudo para o mesmo tratamento. No tratamento com *L. buchneri*, o valor de DIVMS (48,2%) foi inferior ao presente estudo (51,51%) para o mesmo tempo (cinco dias de exposição aeróbia).

Figura 2 - Evolução temporal dos teores de MS, MM, PB, FDN, FDA e DIVMS no ensaio de estabilidade aeróbia

2.3 Considerações Finais

De um modo geral, os aditivos utilizados foram eficientes na conservação da silagem, promovendo redução das perdas de MS e, aumentando a estabilidade aeróbia das silagens. Exceção observada para o tratamento com *L. buchneri*, que apresentou comportamento atípico, não se manifestando efetivo no aumento da estabilidade aeróbia das silagens.

Na avaliação da composição bromatológica das silagens observou-se o melhor resultado para o tratamento contendo 2,0% de uréia, que, também, se manteve mais estável durante toda a exposição aeróbia.

Referências

ALCÂNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT, R.; SHIMADA, A. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminal kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, p.323-331, 1989.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, 1990. v.1, 1117p.

ALLI, I.; BAKER, B.E. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 7, p. 411-417, 1982.

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

ALVAREZ, F. J.; PRESTON, T. R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugar cane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 98-104, 1976.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JUNIOR, E. Composição química da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e diferentes doses de hidróxido de sódio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., Santa Maria, 2003. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD ROM

BERNARDES, T.F.; SILVEIRA, R.N.; COAN, R.M.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; ITURRINO, R.P.S. Características fermentativas e presença de levedura na cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R.; URBAN, J.E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 75, p.3066-3083, 1992.

BOLSEN, K.K.; WILKINSON, M.; LIN, C.J. Biotechnology in the feed industry: evolution of silage and silage inoculants. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 16., 2000, Nottingham, UK. **Proceedings...** Nottingham: Nottingham University Press, 2000.

CAMPOS, A.B.; BENEDETTI, E.; MARI, L.J.; TIVERON, G.C.; GOULART, R.S.; VILELA, H.; GARCIA, E.L. Perdas por gases e recuperação de matéria seca de silagens de três variedades de cana-de-açúcar tratadas com aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

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

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos**. 2003. 101 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003

CASTRO NETO, A.; FERREIRA, D. A.; MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; NUNES, W. N. Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos: II Proteína bruta, frações fibrosas e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

CHALUPA, W.; EVANS, J.L.; STILLIONS, M.C. Influence of ethanol on rumen fermentation and nitrogen metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 23, p. 802- 807, 1964.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MORENO, T.T.B.; MOREIRA, A.L. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, 2002. **Anais...** Recife : SBZ, 2002. 1 CD ROM.

CORRÊA, C. E. S.; PEREIRA, M. N.; OLIVEIRA, S. G.; RAMOS, M. H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, p. 221-229, 2003.

COZZOLINO, D.; ACOSTA, Y.; GARCIA, J. Application of near infrared reflectancy spectroscopy (NIRS) to forage evaluation in Uruguay. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 370.

DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E. et al. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v.69, n.1, p. 562-567, 2003.

DRIEHUIS, F., OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 56, p. 330–343, 2001.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 87, p. 583-594, 1999.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, p. 350, 1956.

DURIX, A.; JEAN-BLAIN, C.; SALLMANN, H.P. et al. Use of a semicontinuous culture system (RUSITEC) to study the metabolism of ethanol in the rumen and its effects on ruminal digestion. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.71, p.115-123, 1991.

FIGUEIRÓ, R.N.; SOUSA, D.P.; NUSSIO, L.G.; MARI, L.J.; SANTOS, M.C.; TOLEDO FILHO, S.G.; ZOPOLLATTO, M.; SCHIMDT, P.; RIBEIRO, J.L.; QUEIROZ, O.C.M.; JUNQUEIRA, M.C.; CAMARGO, M.S. Frequências de determinação da temperatura em ensaio de estabilidade aeróbia. (compact disc). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD ROM.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; et al. 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:SBZ, CD ROM, 2004. 1 CD ROM.

GOERING, H. K.; SOEST, P. J. van. Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications. Washington: ARS, 1970. 20 p. (Agricultural Handbook, 379).

GONZÁLEZ, E.; MACLEOD, N. A. Spontaneous fermentation of sugar cane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 80-84, 1976.

HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.54, p.208 - 218, 1999.

HERNANDEZ, M. R. Avaliação de variedades de cana-de-açúcar através de estudos de desempenho e digestibilidade aparente com bovinos. 1998. 78 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, "Júlio de Mesquita Fº", Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 1998.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; MOREIRA, A. L. (Ed.). *Volumosos na produção de ruminantes: Valor alimentício de forragens*. Jaboticabal: Funep, 2003, p.1-26.

JONES, D.I.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, New York, v.60, p.73-81, 1995.

KLEINSCHMIT, D. H., SCHMIDT, R. J., KUNG JR, L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.88, p. 2130-2139, 2005.

KUNG JUNIOR, L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 54, p. 689-696, 1982.

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

KUNG JUNIOR, L. Microbial and chemical additives for silage – effects on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, v 2., p.53 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 2000.

KUNG JUNIOR, L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.84, p. 1149-1155, 2001.

KUNG JUNIOR, L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003, p.251-304.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A.P.; ROSSETTO, R.; MARTINS, A.L.M.; GALLO, P.B.; KANTHACK, R.A.D.; CAVICHIOLI, J.C.; VASCONCELOS, A.C.M.; XAVIER, M.A. A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, n.193, p.36, 2002.

LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; SIQUEIRA, G.R.; SANTANA, R.A.V. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com uréia ou farelo de soja. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): Produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem.** 2003. 138 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MATHISON, G.W.; HSU, H.; SOOFI-SIAWASH, R. et al. Prediction of composition and ruminal degradability characteristics of barley straw by near infrared reflectance spectroscopy. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.19, p.519-523, 1999.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage.** New York: John Wiley, 1981. 207p.

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

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 DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.

MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.55, p.453-460, 1983.

NUSSIO, L.G.; PONCHIO, L. Cana-de-açúcar. Revista DPA Nestlé, maio/2004.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agrônômicos e nutricionais. In: SANTOS, F.A.P.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. Visão técnica e econômica da produção leiteira: 2005. Piracicaba **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 193-218.

NUSSIO, L. G., CAMPOS, F. P., PAZIANI, S. de F., SANTOS, F. A. P. Volumosos suplementares – estratégia de decisão e utilização. In: EVANGELISTA, A. R.; SILVEIRA, P. J.; ABREU, J. G. Forragicultura e pastagens : Temas em evidência, Lavras : Editora UFLA, 2002. p. 193-232.

OLIVEIRA, A. S.; CAMPOS, J. M. S.; GOMES, S. T.; VALADARES FILHO, S. C.; ASSIS, A. J.; TEIXEIRA, R. M. A.; MOREIRA, L. M.; OLIVEIRA, G. S.; RIBEIRO, G. D. Análise econômica e de sensibilidade da substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar corrigida em dietas de vacas leiteiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004b. 1 CD-ROM.

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

PANDITHARATNE, S.; ALLEN, V.G.; FONTENOT, J.P. et al. Ensiling characteristics of tropical grasses as influenced by stage of growth, additives and chopping length. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, p. 197-207, 1986.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; MARI, L.J.; COELHO, R.M.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; HORII, J. Bacterial inoculants and chemical additives to improve fermentation in sugar cane (*Saccharum officinarum*) silage. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002 Auchincruive. **Anais...** Auchincruive: SAC, 2002. p- 66.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 p. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S. F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 62, n.5, p. 427-432, 2005.

PRESTON, T. R.; HINOJOSA, C.; MARTINEZ, L. Ensiling of sugar cane with ammonia molasses and mineral acids. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 120-126, 1976.

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**, Lancaster, v. 83, p.526-535, 2000.

ROTH, M.T.P.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.B.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, A.P.T.P.; AMARAL, R.C. Ensilagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratada com doses de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD ROM.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JUNIOR, J.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1994. p.828-868.

SANTOS, R.V. **Silagem de cana-de-açúcar em duas idades de corte com diferentes aditivos**. 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**. Cary, 1999. 965p.

SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy. **Crop Science**, Madison, v.31, p.469-474, 1991.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, C.M.B.; RODRIGUES, A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; SILVA, C.E. Produtividade, composição morfológica, digestibilidade e perdas no processo de ensilagem de duas variedades de cana-de-açúcar, com e sem adição de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004. Campo Grande, MS, **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD ROM.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, C.M.B.; RODRIGUES, A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; SILVA, C.E. Produtividade, composição morfológica, digestibilidade e perdas no processo de ensilagem de duas variedades de cana-de-açúcar, com e sem adição de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande **Anais...** Campo Grande:SBZ, 2004b. 1 CD ROM.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; NUSSIO, C.M.B.; RODRIGUES, A. de A.; SANTOS, P. M.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L. J. ; ZOPOLLATTO, M.; SANTOS, M.C.; QUEIROZ, O.C.M.; SOUSA, D.P. Forage variety and maturity on fermentative losses of sugarcane silages added with urea.. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 14., 2005, Belfast. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 263.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1981. 166p.

SILVA, S.C. A cana-de-açúcar como alimento volumoso suplementar. In: SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G.; CORSI, M.; SILVA, S.C.; FARIA, V.P. **Volumosos para bovinos**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 59-74.

SILVA, S.A.R. **Avaliação da eficiência fermentativa da cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos**. 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, 2003.

SILVA, S.A.R.; ROSA, B.; REIS, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Eficiência fermentativa da cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/SBZ, 2003.

SILVESTRE, R.; McLEOD, N.A.; PRESTON, T.R. The performance of steers fed fresh chopped whole sugarcane or after ensiling with urea or ammonia. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 40, 1976.

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

SOUSA, D. de P.; MATTOS, W.R.S.; NUSSIO, L.G.; MARI, L.J.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L. ; QUEIROZ, O.C.M.; JUNQUEIRA, M.C.; CAMARGO, M.S.; TOLEDO FILHO, S.G. de; FIGUEIRÓ, R.N. Avaliação das perdas por efluentes e gases em silagens de cana-de-açúcar aditivadas com inoculantes químicos e bacterianos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD ROM.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG JR, 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**, Lancaster, v. 85, p. 1793-1800, 2002.

TILLEY, J.M., TERRY, R.A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p.104-111, 1963.

TOLEDO FILHO, S.G., SCHIMIDT, P., NUSSIO, L.G., SOUSA, D.P., QUEIROZ, O.M. Estabilidade aeróbia de rações contendo silagens de cana-de-açúcar inoculadas com "*Lactobacillus buchneri*" 40788 e de ingredientes concentrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD ROM.

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

VILELA, D. Aditivos para silagens de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. 1 CD ROM.

WEINBERG, Z.G., G. ASHBELL, Y. HEN; A. AZRIELI, G. SZAKACS, I. FILYA. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Hampshire, v. 28, n.1, p. 7-11, 2002.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

WOOLFORD, M.K. A Review. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 68, n. 1, p. 101-116, 1990.

3 DESEMPENHO DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDESA OU HOLANDÊS X JERSEY RECEBENDO RACÕES CONTENDO SILAGEM DE CANA -DE - AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) ADITIVADAS COM *L. buchneri* OU URÉIA.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de novilhas Holandesas e Holandês x Jersey, alimentadas com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com doses diferentes de uréia ou com o aditivo bacteriano *Lactobacillus buchneri*, e também avaliar as perdas por deterioração e composição bromatológicas das silagens. Os tratamentos adotados foram: LB: Aditivo bacteriano *Lactobacillus buchneri* (5×10^4 ufc/g MV); U 1%: Uréia a 1% (MV); U 1,5%: Uréia a 1,5% (MV); U 2%: Uréia a 2,0 % (MV). A forragem picada foi acondicionada em 8 silos tipo poço com 12 t cada. Na avaliação da composição químico-bromatológica das silagens houve efeito de tratamento para a PB ($P < 0,01$), onde o menor valor observado foi no tratamento contendo *L. buchneri* e os maiores valores ocorreram nos tratamentos com 1,5 e 2% de uréia. O teor de MS após a ensilagem se manteve estável e acima do valor da forragem antes da ensilagem, com média de 32,37%. Houve diminuição dos teores de CS e DIVMS e elevação no teor de FDN na silagem passando de 49,24%, na forragem antes da ensilagem, para média de 54,66% após a ensilagem. O desempenho foi avaliado em 60 novilhas, sendo 36 da raça Holandesa e 24 mestiças (Holandês x Jersey), de peso médio de 240 kg. Em relação a ingestão de MS (IMS), houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos apenas no terceiro período, onde o tratamento uréia 1,5% apresentou a menor IMS. Para IMS (%PV), os tratamentos apresentaram médias de 3,17 e 3,2% no período 1 e 2, respectivamente. Para a taxa de ganho de peso, houve efeito ($P > 0,05$) do tratamento uréia 1,0% entre os períodos, onde no segundo período a taxa de ganho de peso foi menor do que os outros períodos. Quanto à conversão alimentar, houve efeito para o tratamento uréia 1,5% entre os subperíodos de avaliação. Na média, o melhor resultado de CA foi o tratamento uréia 1,0%. Houve efeito de tratamento ($P < 0,01$) para as perdas por deterioração observadas no painel dos silos, onde as menores perdas foram observadas nos tratamentos LB e uréia 1,0% , com perdas médias de 5,1 e 7,8%, respectivamente, evidenciando a eficiência do aditivo bacteriano *L. buchneri* no aumento da estabilidade aeróbia da silagem.

Palavras-chave: silagem, cana-de-açúcar, uréia, *Lactobacillus buchneri*, desempenho, novilhas.

Abstract

Performance of Holstein and Holstein x Jersey heifers fed with sugar cane silages added with *Lactobacillus buchneri* or urea.

The goal of this trial was to evaluate the performance of Holstein and Holstein x Jersey heifers fed with sugar cane silage based rations, treated with different levels of urea or with the microbial additive *Lactobacillus buchneri*, and also, to evaluate the deterioration losses and the chemical composition of the silage. The treatments were: *Lactobacillus buchneri*; 1.0% urea; 1.5% urea and 2.0% urea. The forage was chopped and ensiled in 8, 12 t capacity, pit silos. On the chemical composition of the silages, there was treatment effect ($P<0.01$) for the CP, where the lowest value was for LB treatment and the highest value was for 1.5 and 2.0% urea treatments. The DM content after the ensilage kept stable and a little higher compared with the fresh forage, with mean value of 32.37%. Soluble carbohydrate and digestibility decreased and NDF increased significantly after ensilage. NDF content varied from 49.24% to 54.66% during the ensilage period. The animal performance was evaluated in 60 (240 kg BW) heifers, 36 Holstein and 24 Holstein x Jersey heifers. According to the DMI, there were effect ($P<0.05$) among the treatments only for the third period, where the urea 1.5% treatment had the lowest DMI. For the DMI (BW%), the treatments showed mean values of 3.17% and 3.2% on the first and second period, respectively. Concerning the ADG, there were effects ($P<0.05$) of urea 1.0% treatment across the periods, on the second period the ADG was lowest. There was effect of feed conversion (DMI/ADG) in the urea 1.5% treatment among the subperiods of evaluation. The best result of FC was for urea 1.0% treatment. There were effects ($P<0.01$) between the treatments for the deterioration losses of the silage, the LB and urea 1.0% had lowest losses, suggesting the efficiency of *Lactobacillus buchneri* on increasing the aerobic stability of the silage.

Key words: silage, sugar cane, urea, *Lactobacillus buchneri*, aerobic stability, performance, heifers.

3.1 Introdução

Recentemente, a cana-de-açúcar vem assumindo papel fundamental nos sistemas de produção, tanto pecuária de leite quanto de corte, sendo adotada em substituição às silagens de milho ou sorgo. A cana-de-açúcar apresenta algumas características desejáveis como: elevada produção de forragem por unidade de área (80 a 150 t/ha); baixo custo de produção por tonelada de matéria seca (MS); manutenção do valor nutritivo por até 6 meses após a maturação; época de colheita coincidente com o período de escassez de forragem nas pastagens (Silva, 1993).

Entre as diversas vantagens da utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal, ressalta-se o fato desta espécie forrageira apresentar grande potencial de produção de MS e energia, por unidade de área, em um único corte, atingindo produções entre 15 a 20 t de nutrientes digestíveis totais (NDT) por hectare, em comparação com o milho, o sorgo e a mandioca que produzem cerca de 8 t de NDT/ha (Lima e Mattos, 1993).

No entanto, nos confinamentos industriais de gado de corte e nas grandes fazendas produtoras de leite, a colheita diária da cana dificulta os tratos culturais nas áreas de cultivo e a reforma dos canaviais, que terão sempre plantas em diversos estágios de desenvolvimento. Também durante a época das chuvas a movimentação de máquinas no campo é difícil, causando a morte de plantas e prejudicando a manutenção do estande nos talhões. Por estes motivos, a ensilagem da cana-de-açúcar é um tema que vem se destacando nos últimos anos, e que interessa produtores e pesquisadores, em função dos benefícios em logística e operacionalidade que esse volumoso pode apresentar.

Alguns trabalhos de pesquisa demonstraram que silagens de cana-de-açúcar sem aditivos são de baixa qualidade, levando à redução no consumo voluntário da ração, na taxa de ganho de peso e na conversão alimentar dos animais com elas alimentados, em comparação aos mesmos índices de animais alimentados com cana fresca.

Aditivos químicos e inoculantes bacterianos têm sido utilizados com o objetivo de melhorar o padrão de fermentação dessas silagens, pois estes são capazes de reduzir a fermentação alcoólica, devido à inibição da atividade de leveduras.

O presente experimento teve como objetivo a avaliação do desempenho de novilhas em crescimento, alimentadas com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com uréia ou com o aditivo bacteriano *Lactobacillus buchneri*.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Revisão Bibliográfica

3.2.1.1 Desempenho de bovinos recebendo silagens aditivadas com uréia

Para que o desempenho dos animais possa ser satisfatório, a cana-de-açúcar deve ser corrigida quanto aos teores de proteína e minerais. A adição da mistura uréia/sulfato de amônia (9:1), na proporção de 0,5 a 1,0% da matéria verde, aliada ao fornecimento de farelos como fonte de proteína e amido, tornou-se bastante difundida e permite bons resultados de consumo e desempenho (PEDROSO, 2003).

O desempenho de bovinos alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratada com uréia e/ou amônia, foi avaliado por Silvestre et al. (1976) e Alvarez et al. (1977). Nestes trabalhos constatou-se que o consumo de silagem tratada com 1% de uréia foi 39% superior ao da silagem sem aditivo e semelhante ao da cana fresca. Houve tendência da silagem de cana tratada com 2% de uma solução de melaço com amônia ser 16% superior, e a silagem de cana sem aditivos 17% inferior em relação à cana fresca, para ganho de peso e conversão alimentar.

Pedroso (2003) avaliou o ganho de peso de novilhas da raça Holandesa (recria) alimentadas com rações contendo 46% de silagem de cana-de-açúcar, sendo um dos tratamentos uréia à 0,5% MV e verificou que neste tratamento não houve alterações significativas nas variáveis de desempenho avaliadas (consumo, ganho de peso e conversão alimentar). Porém, os resultados de cinética de fermentação da silagem observados por esse autor sugerem a possibilidade de se explorar doses superiores a 0,5% para se garantir maior eficiência da fermentação, menores perdas por etanol e maior estabilidade aeróbia da silagem (NUSSIO & SCHMIDT, 2005).

3.2.1.2 Desempenho de bovinos recebendo silagens de cana-de-açúcar aditivadas com *L. buchneri*

Em rações contendo 46% de silagem de cana-de-açúcar na MS, Pedroso (2003) avaliou o ganho de peso de novilhas e verificou taxa de ganho de peso médio diário 32% superior a ração controle, para a silagem de cana tratada com *Lactobacillus buchneri*.

Em recente trabalho de pesquisa, Queiroz et al. (2005) avaliaram o uso de silagem de cana-de-açúcar aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 ufc/g MV) em comparação com a cana fresca picada, silagem de milho e uma mistura de cana fresca e silagem de milho para vacas holandesas em estágio intermediário de lactação. As rações com silagem de cana e a mistura cana fresca + silagem de milho apresentaram maior consumo de MS em relação à cana fresca e à silagem de milho. Com base neste estudo, Nussio & Schmidt (2005) comentam que o uso de rações contendo cana-de-açúcar para vacas de alta produção (acima de 26 kg/dia) tem grande potencial, reposicionando esse volumoso que tem sido tradicionalmente recomendado para animais de baixa produção.

Um dos pontos críticos ao uso de bactérias heteroláticas na ensilagem de cana-de-açúcar é o fato de que o ácido acético, em maior teor nas silagens aditivadas, poderia reduzir o consumo de MS como observado nos trabalhos de Jones et al. (1980) e Buchanan-Smith (1990). Entretanto, não há um consenso geral sobre a interferência no consumo de silagens aditivadas com o *L. buchneri* como mostrado por Steen et al. (1998) e Wright et al. (2000) e, mais recentemente, por Pedroso (2003), Schmidt et al. (2004) e Queiroz et al. (2005). Segundo Nussio & Schmidt (2005) os produtos de fermentação de silagens de cana aditivadas com *L. buchneri*, como o ácido acético e o etanol, têm grande relevância metabólica para o animal, como fontes de energia prontamente disponíveis, podendo incrementar o desempenho dos animais. Kung Jr & Taylor (2003) alegam que não há evidências diretas em que o ácido acético em grandes quantidades na silagem seja responsável pela diminuição do consumo e acrescentam que o ácido acético produzido pelo *L. buchneri* ocorre por uma rota que é diferente daquela usada por outras bactérias heteroláticas.

3.2.2 Material e métodos

3.2.2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia, na USP/ESALQ, em Piracicaba - SP, no período de 19 de dezembro de 2003 a 10 de março de 2004.

3.2.2.2 Silos experimentais

Para a confecção das silagens do experimento, a variedade de cana-de-açúcar RB 85-5536 foi colhida e picada, sem a retirada da palha, utilizando uma picadora de facas estacionária, regulada para obtenção de partículas com tamanho médio entre 5 a 10 mm.

A forragem picada foi acondicionada em 8 silos tipo poço, com aproximadamente seis metros de profundidade e 2,46 m de diâmetro, com capacidade para 12 toneladas cada e revestidos em alvenaria.

Camadas de aproximadamente 50 cm foram acomodadas dentro do silo entre os ciclos de compactação com os pés, até ultrapassar a borda superior do silo em aproximadamente 50 cm, buscando a acomodação da massa. Finalizado o enchimento, os silos tiveram suas superfícies cobertas por lonas plásticas, as quais foram amarradas ao redor com cordas, para garantir a vedação ao ambiente externo e, também, lajotas de concreto pesando aproximadamente 10 kg foram colocadas na superfície do silo para garantir o contato entre a lona plástica e a superfície da silagem.

3.2.2.3 Tratamentos

Os tratamentos utilizados foram:

- 1) LB (aditivo microbiano *Lactobacillus buchneri*);
- 2) U1% (uréia 1,0% na MV);
- 3) U1,5% (uréia 1,5% na MV);
- 4) U2% (uréia 2,0% na MV).

3.2.2.4 Aplicação dos tratamentos

a) Aplicação do aditivo microbiano

O aditivo bacteriano usado foi o LaSil Cana® (Lallemand), contendo a bactéria *Lactobacillus buchneri* 40788 na forma granulada solúvel. A diluição foi realizada seguindo-se recomendação do fabricante visando o fornecimento de 5×10^4 unidades formadoras de colônias - ufc/g MV, utilizando-se 1,89 L de solução/t de forragem, sendo a diluição realizada em água destilada, e posteriormente feita a aplicação uniforme sobre a forragem com bomba costal de aspersão sob baixa pressão.

b) Aplicação da uréia

A quantidade de forragem foi estimada com base no volume e densidade presente na carreta e a quantidade de uréia respectiva foi aplicada para atingir a porcentagem desejada para cada tratamento.

A uréia foi aplicada, manualmente e a granel, em pequenas quantidades sobre a forragem, à medida que esta foi carregada no silo, buscando obter uniformidade.

3.2.2.5 Animais, instalações e rações

O ensaio de desempenho de animais foi avaliado em 60 novilhas, sendo 36 da raça Holandesa e 24 mestiças (Holandês x Jersey), com idades variando entre seis e 24 meses, e peso médio de 240 kg.

As instalações consistiram de 20 baias com bebedouro automático, comedouro e com piso revestido de concreto.

Os animais permaneceram nas instalações por 8 dias, durante o período de adaptação (19/12/03 à 27/12/03) recebendo ração única, à base de silagem de cana e capim picado (50:50). Ao final deste período tiveram início as atividades do período de comparação, com a pesagem inicial dos animais, em jejum prévio exclusivo de alimento por 12 horas. As novilhas foram distribuídas nas baias, objetivando três animais por

baia (unidade experimental), com quatro tratamentos, cinco repetições por tratamento, num total de 20 baias.

A ração foi formulada segundo o NRC (2001), visando teor de NDT de 66% e 15,1% de PB, para permitir ganho de peso diário de 0,92 kg.animal.dia⁻¹. As rações foram formuladas para serem isoprotéicas e isoenergéticas e continham os seguintes ingredientes concentrados: farelo de algodão, polpa cítrica, uréia e suplemento mineral. (Tabela 4).

Tabela 4 - Participação de ingredientes nas rações experimentais em função do tratamento na silagem de cana-de-açúcar (na base de MS)

Ingredientes (%)	Tratamentos			
	LB	U 1%	U 1,5%	U 2%
Silagem de cana	44,89	44,89	44,89	44,89
Polpa cítrica	42,85	44,04	44,71	45,04
Farelo de algodão	8,16	8,39	8,51	8,58
Uréia	2,65	1,22	0,4	0
Sal mineral	1,42	1,44	1,44	1,44

As rações foram fornecidas uma vez ao dia, no período da manhã, em sequência às respectivas avaliações do consumo (IMS) e sobras de alimento a fim de manter as sobras entre 5 a 10%, do oferecido, com base na MS.

O período experimental de 72 dias foi subdividido em três períodos para controle do desenvolvimento dos animais. O ganho de peso diário foi avaliado por meio da pesagem dos animais, no primeiro dia e ao final dos três sub-períodos experimentais, após jejum alimentar de 12 horas.

3.2.2.6 Procedimento experimental

A rotina consistiu das seguintes atividades:

→ Retirada diária das sobras de ração dos cochos, quantificação para ajuste do consumo e amostragem semanal;

→ Retirada de silagens dos silos. Após ter sido removida a porção deteriorada, determinada com base na avaliação visual, esta porção foi quantificada diariamente em cada silo, para determinação de perdas por deterioração, sendo descartada em seguida;

→ Procedeu-se à retirada da quantidade de silagem diária que foi colocada em vagão misturador marca SILTOMAC®, modelo Ração Total 203, em seguida sendo adicionados os ingredientes concentrados, a ração total foi fornecida nos cochos de cada baia experimental;

→ Simultaneamente, amostras de silagem, da ração e das sobras foram coletadas semanalmente para determinação do teor de matéria seca e ajuste do consumo;

→ Para a coleta da amostra da silagem, semanalmente, foi retirada uma alíquota originada da porção central do silo, que foram congeladas para posteriores análises bromatológicas, desprezando-se as áreas contaminadas por fungos, bolores e leveduras.

→ Com frequência semanal, as baias tiveram o piso raspado e os bebedouros lavados.

3.2.2.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas e os dados foram analisados utilizando-se o procedimento MIXED do programa estatístico SAS®, versão 8 para Windows® (SAS, 1999). Para efeito de comparação de médias entre tratamentos foi utilizado o teste de média dos quadrados mínimos LSMEANS, com nível de significância de 5%. Dentro de cada bloco, os animais foram alocados nas baias de forma a se obter a menor variação possível entre os pesos médios iniciais nas baias.

3.2.2.8 Análises químico-bromatológicas

Foram coletadas amostras da forragem antes da ensilagem e congeladas para posterior análise. Também foram colhidas amostras de silagens para a obtenção de

extrato aquoso e determinação de pH e etanol para a análise bromatológica (MS, cinzas, PB, FDN, FDA, hemicelulose, DVIVMS).

As amostras da silagem destinadas à determinação do extrato aquoso, pH, N na forragem úmida e etanol foram congeladas. As que foram encaminhadas à análise bromatológica, como as amostras das rações fornecidas, das sobras e silagens coletadas semanalmente foram secas em estufa de ventilação forçada a 60° C por 72 horas e, posteriormente, prodeceu-se a moagem do material em moinho tipo Willey provido de peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro.

O teor de PB foi determinado pelo método macro Kjeldahl (AOAC, 1990), em amostras úmidas de silagem que haviam sido mantidas congeladas (- 5°C).

A determinação da composição químico-bromatológica da forragem, das silagens, das rações fornecidas e das sobras foi realizada utilizando-se o método de espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIRS) (COZZOLINO et al., 2001), visando a redução no número de amostras e otimização tanto do tempo como dos custos de análises.

O material moído foi escaneado para obtenção dos espectros NIRS. O equipamento utilizado foi o espectrômetro modelo NIRS 5000 (NIRSystems®, Silver Spring, MD, USA) acoplado a um microcomputador equipado com *software* WinISI II versão 6.2 (Intrasoft International, PA).

As amostras foram escaneadas nesse equipamento obtendo leituras compreendidas entre os comprimentos de onda de 700 a 2100 nm. Esses espectros foram armazenados em curvas log (1/R, onde R é o valor da reflectância), em intervalo de 2 nm. Utilizaram-se os métodos de seleção de amostras existentes no *software* do equipamento e foram descartadas as amostras distantes mais de 3 H (distância padronizada de Mahalanobis) da média, e essas foram consideradas como *outliers*. Adotou-se a distância mínima de 0,6 H entre amostras para seleção daquelas em que seriam efetuadas as análises bromatológicas convencionais, ou seja, onde o valor *outlier* (H) é usado para eliminar amostras com distâncias espectrais muito afastadas da média da população (SHENK & WESTERNHAUS, 1991; MATHISON et al., 1999).

O procedimento realizado pelo programa foi o seguinte: as amostras para calibração foram selecionadas com base no espectro, usando a subrotina ISI SELECT

(SHENK & WESTERNHAUS, 1991), que começa identificando o espectro representativo de espectros vizinhos, descartando os similares. Então, o programa avalia todas as amostras remanescentes e repete o procedimento até que só reste o mínimo possível de amostras.

O procedimento SELECT usa uma distância H padronizada entre pares de amostras para definir vizinhanças e baseia-se na suposição de que somente uma amostra seja requerida para representar todas as amostras contidas naquele grupo de vizinhança. Quanto mais heterogêneo for o grupo de amostras escaneadas maior deverá ser o número de amostras selecionadas para abranger toda amplitude espectral (MATHISON et al., 1999).

Nas amostras selecionadas pelo NIRS foram realizadas análises convencionais do teor CZ (AOAC, 1990), os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e os teores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram obtidos através do método seqüencial proposto pela ANKOM Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY), citados por Holden (1999).

Para análise da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), os alimentos foram incubados por período de 48 horas de digestão *in vitro*, segundo metodologia descrita por Tilley e Terry (1963) modificado por Goering e Van Soest (1970).

Após análise química convencional os valores foram inseridos no banco de dados e permitiram ao *software* do programa NIRS prever o valor das demais amostras não analisadas. Após a realização dessas análises foram utilizados métodos estatísticos existentes no *software* do NIRS para o desenvolvimento de equações de predição para as amostras restantes.

3.2.2.8.1 Extrato aquoso: pH, carboidratos solúveis, nitrogênio amoniacal e etanol

Após descongelamento das amostras foi realizada a medição do pH com o uso de potenciômetro digital modelo DM 20, marca Digimed®, seguindo método proposto por Kung Junior et al. (1984). Para tanto, utilizou-se 25 g de amostra e 225 mL de água deionizada, as quais foram processadas em liquidificador industrial, modelo TA-02, da marca Skymen®, durante um minuto, dando origem ao extrato aquoso, que teve seu

pH medido e foi, posteriormente, filtrado em papel de filtro Whatman® 54. Após a filtração, o extrato foi acidificado com H₂SO₄ a 50%, centrifugado e congelado para posterior análise de etanol, carboidratos solúveis (CS) e N na forragem úmida.

Para análise do teor de carboidratos solúveis foi utilizado o método de Dubois et al, (1956) com leitura em 490 nm e diluindo-se os extratos aquosos das amostras de silagens, na proporção de 1mL de extrato para 20, 25 ou 30 mL de água destilada.

As análises do teor de etanol foram realizadas por meio de leitura direta em autoanalisador YSI 2700 Select (Biochemistry Analyser, Yellow Spring, OH, EUA).

3.2.3 Resultados e Discussão

3.2.3.1 Perdas por deterioração da silagem

Os valores de perdas por deterioração da silagem avaliados nos silos de grande escala (tipo poço) estão apresentados na Tabela 5. Houve efeito de tratamento ($P<0,01$) para as perdas por deterioração, onde as menores perdas foram observadas nos tratamentos com *L. buchneri* e 1,0% de uréia, com perdas médias de 5,1 e 7,8%, respectivamente, evidenciando a eficiência do aditivo bacteriano *L. buchneri* no aumento da estabilidade aeróbia da silagem. As maiores perdas por deterioração nos tratamentos contendo 1,5 e 2,0% de uréia podem ter sido causadas, possivelmente, pelo aparecimento de porções com maior concentração de uréia, caracterizando certa desuniformidade de distribuição, o que poderia elevar o poder tampão e dificultar a queda do pH. Apesar disso, durante o enchimento do silo houve grande esforço no sentido de promover a distribuição mais homogênea possível da uréia na massa ensilada.

3.2.3.2 Composição químico-bromatológica das silagens e das rações completas

Na Tabela 6 são apresentadas as composições das rações e sobras utilizadas no experimento. Na ração completa houve diferença significativa ($P<0,05$) apenas para o teor de PB e nas sobras as variáveis MS, CZ e PB apresentaram alteração ($P<0,01$),

bem como a DIVMS ($P < 0,05$). Com base no exposto pode-se afirmar que a seleção no cocho pelos animais foi pouco expressiva.

Na Tabela 5 são apresentadas as composições da forragem e das silagens utilizadas no experimento. A cana-de-açúcar utilizada para a produção das silagens, apresentou valores de MS, FDN e FDA (Tabela 5) dentro da amplitude encontrada em variedades recomendadas para produção de açúcar e álcool (ANDRADE et al., 2002). A DIVMS apresentou-se dentro da faixa de variação relatada por Rodrigues et al. (2001), que ao avaliar 18 variedades da cana-de-açúcar, como alimento para bovinos, encontraram valores de DIVMS entre 58 e 69%, e apresentou-se superior aos valores observados no que foi de 55,3%. A relação FDN/CS no presente estudo de 2,39, esteve menor que aquela encontrada para a melhor variedade (2,88) avaliada por Rodrigues et al. (2001). Os teores de PB (1,45%) e FDN (49,24%) também se situaram dentro da variação observada por Rodrigues et al. (2001), Lima et al. (2004) e Shigaki et al. (2003).

O teor inicial de CS de 20,55% foi inferior ao relatado (26,4%) por Pedroso (2003) e superior ao observado (17,82) por Bernardes et al. (2002).

Na avaliação da composição químico-bromatológica das silagens (Tabela 5) nota-se que houve efeito de tratamento para as variáveis PB, DIVMS ($P < 0,01$), pH ($P < 0,05$) e para CS houve tendência ($P < 0,059$) de efeito.

Pedroso (2003) ensilou cana-de-açúcar sem aditivos e notou um decréscimo dos teores de MS, que passou de 34,5% no primeiro dia de ensilagem para 25,5% aos 180 dias de ensilagem, onde foi evidenciado que a cana-de-açúcar ensilada sem aditivos apresenta perdas excessivas de matéria seca e de ingestão de MS durante a conservação. Silva et al. (2003) obtiveram comportamento semelhante para a cana ensilada sem aditivo, o teor de MS passou de 31,35 a 22,97% após 45 dias de ensilagem. Este fato não ocorreu no presente estudo, onde o teor de MS após a ensilagem se manteve estável e um pouco acima do valor observado para a forragem antes da ensilagem, com média de 32,37%, e esse valor confirma a efetividade da uréia e do *L. buchneri* em manter o teor de matéria seca da silagem, por evitar perdas na conservação.

Uma das razões para o teor de MS da forragem diminuir após a ensilagem pode estar relacionado à diminuição da proporção de conteúdo celular, principalmente de carboidratos solúveis durante a fermentação (WOOLFORD, 1984).

Resultados semelhantes do teor de MS em tratamentos com uréia foram encontrados por Roth et al. (2005), e teores mais baixos de MS foram obtidos por Santos (2004) e Molina et al. (2002).

Ocorreu diminuição dos valores da DIVMS após a ensilagem, fato observado também nos relatos de Pedroso (2003), Siqueira (2005) e Castro Neto et al. (2003). O menor valor da DIVMS foi constatado para o tratamento com *L. buchneri* (59,38%) e aumentou à medida que as doses de uréia aumentaram, sendo que a maior DIVMS encontrada foi para o tratamento com 2% de uréia (62,45%).

Schmidt et al. (2003) encontraram valores de DIVMS de 64,33% para silagem de cana-de-açúcar contendo 0,5% de uréia e, 62,48% para silagem de cana-de-açúcar aditivada com *L. buchneri* ($3,6 \times 10^5$ ufc/g MV).

De acordo com Pedroso (2003) o *L. buchneri* pode ser eficiente na redução da produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar, mas o efeito sobre a composição bromatológica das silagens tem sido variável, tendo resultado em menor perda total de MS e menor teor de FDN, associados à maior consumo de CS durante a fermentação e pequenas alterações na DIVMS da forragem tratada.

De acordo com Siqueira (2005), a redução dos valores de DIVMS ocorreu pois durante a ensilagem houve aumento dos teores de FDN e redução dos de CS. Outra observação realizada por Siqueira (2005) e, constatada no presente estudo é que as silagens que apresentaram os maiores valores de DIVMS, foram as que tiveram os maiores teores de CS residuais, associados aos menores teores de FDN após a abertura.

No presente estudo houve diminuição do valor dos CS em relação a forragem original que era 20,55% e foi reduzido à média de 13,53%, caracterizando a intensa atividade microbiana e enzimática ocorrida durante a fermentação (ALLI et al., 1983 e PEDROSO, 2003) quando as leveduras consomem açúcares solúveis intensamente, promovendo redução da MS e da DIVMS.

Como era previsto houve elevação no teor de FDN na silagem passando de 49,24%, na forragem antes da ensilagem, para média de 54,66% após a ensilagem; o mesmo fato ocorreu com Siqueira (2005), Castro Neto et al. (2003) e Evangelista et al. (2003).

Santos (2004) observou superioridade nos teores médios de FDN das silagens, ocorrendo aumentos de 8,38 a 22,59% unidades percentuais em relação a cana *in natura*. Segundo Rotz & Muck (1994), silagens bem manejadas apresentam aumento nas concentrações de FDN e FDA, variando entre 1 e 6% em relação aos teores originalmente presentes na forragem, como consequência da perda de carboidratos solúveis por respiração, o que provoca o aumento da participação percentual da fração fibrosa na MS da forragem. Coan et al. (2002) constataram aumento de 30% no teor de FDN durante a ensilagem da cana-de-açúcar.

Após cinquenta dias de fermentação, Evangelista et al. (2003) avaliando a fermentação na ensilagem de cana-de-açúcar, observaram elevação do teor de FDN de 55,6 para 75,6%.

Pedroso (2003) utilizando cana-de-açúcar queimada obteve 47,2% de FDN antes da ensilagem e após tratamento com 0,5% de uréia o valor foi de 54,9% enquanto que no tratamento com *L. buchneri* o valor foi de 49,1 %.

Siqueira (2005) obteve valores de 51,9% de FDN antes da ensilagem da cana-de-açúcar no tratamento com 1,5% de uréia e após a ensilagem o valor chegou a 72,2%. No tratamento com *L. buchneri* o valor foi de 55,1% antes da ensilagem e de 66,9% após a ensilagem. Analisando conjuntamente os resultados encontrados por Pedroso (2003) e Siqueira (2005), o *L. buchneri* mostrou-se mais eficiente que a uréia em manter o teor de FDN mais estável, sem grandes elevações, fato que, atipicamente, não foi observado no presente estudo.

Em relação aos teores de PB, houve efeito dos tratamentos ($P < 0,01$) para essa variável, onde o menor valor observado foi no tratamento contendo *L. buchneri* e o maior valor ocorreu nos tratamentos contendo 1,5 e 2% de uréia. Em todos os tratamentos houve aumento no teor de PB em comparação ao teor de PB presente na cana-de-açúcar *in natura*. A aplicação das diferentes doses de uréia durante a

ensilagem correspondeu aos valores esperados do teor de PB das silagens, indicando a recuperação satisfatória do nitrogênio aplicado.

Para os teores de hemicelulose, Lima et al. (2002) encontraram valores de 8,46 e 14,81% para os tratamentos contendo 1,0 e 1,5% de uréia, que foram inferiores aos do presente estudo, porém Roth et al. (2005) observaram valores semelhantes de hemicelulose aos do presente estudo. Castro Neto (2003) observou valor superior de hemicelulose (23,72%) quando à este experimento e relatou que nos tratamentos com uréia houve aumento na disponibilidade da hemicelulose como substrato para a fermentação.

Resultados referentes ao teor médio de etanol estão apresentados na Tabela 5. Pode ser observado que não houve efeito de tratamento, e a média entre os tratamentos foi de 0,80%. Os teores de etanol desse ensaio foram abaixo da expectativa e inferiores aos resultados obtidos no capítulo anterior, onde foram empregados os mesmos tratamentos. Este fato pode ter ocorrido devido à maior volatilização do etanol nos silos tipo poço, pela retirada diária de silagem do silo, ao contrário da silagem nos baldes. Pedroso (2003) observou o mesmo comportamento, utilizando o mesmo tipo de silo e tratamentos semelhantes. Os teores de etanol encontrados por Pedroso (2003) para os tratamentos contendo uréia (0,5%) e LB foram 0,89 e 0,29%, respectivamente, similares aos do presente estudo.

Tabela 5 - Composição químico-bromatológica da forragem picada, da silagem de cana-de-açúcar e as perdas da silagem por deterioração

Variáveis ²	Cana-de-açúcar	Silagem de cana-de-açúcar				Média	EPM ¹	Efeito de trat.
	<i>in natura</i>	<i>L. buchneri</i>	Uréia 1,0%	Uréia 1,5%	Uréia 2,0%			
MS, %	31,27	31,61	32,28	32,66	33,05	32,37	0,43-0,48	ns
CZ, %MS	2,62	3,55	3,57	3,6	3,6	3,58	0,081-0,09	ns
PB, %MS	1,45	2,93 ^c	7,47 ^b	11,27 ^a	11,60 ^a	8,06	0,87-1,03	**
FDN, %MS	49,24	55,11	55,98	54,07	53,22	54,66	1,03-1,17	ns
FDA, %MS	28,38	33,45	34,38	33,57	33,25	33,68	0,62-0,68	ns
HEM, %MS	20,86	21,66	21,6	20,5	19,97	20,98	0,50-0,55	ns
DIVMS, %MS	67,38	59,38 ^c	60,32 ^{bc}	61,64 ^{ab}	62,45 ^a	60,88	0,51-0,56	**
CS, %MS	20,55	13,34 ^{ab}	11,47 ^b	13,45 ^{ab}	16,78 ^a	13,53	1,27-1,50	0,059
pH	5,42	3,57 ^b	3,73 ^{ab}	3,95 ^a	3,75 ^{ab}	3,75	0,07-0,08	*
Etanol, %	0,06	0,83	1,18	0,49	0,68	0,80	0,25-0,30	ns
Perdas, %		5,13 ^b	7,82 ^b	16,50 ^a	16,27 ^a	11,08	2,10 - 2,46	**

¹ EPM - erro padrão da média; primeiro valor refere-se aos tratamentos *L. buchneri*, uréia 1,0 e 1,5%; e o segundo, ao tratamento uréia 2,0%.

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{abcd} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa

²MS = matéria seca; CZ = cinzas; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro
FDA = fibra em detergente ácido; CS = carboidrato solúvel

Tabela 6 - Composição químico-bromatológica das rações oferecidas aos animais e das sobras

Variáveis ²	Rações Completas					EPM ¹	Efeito de trat.
	<i>L. buchneri</i>	Uréia 1,0%	Uréia 1,5%	Uréia 2,0%	Média		
MS, %	51,36	52,25	52,24	51,61	51,89	0,49 - 0,60	ns
CZ, %MS	6,46	6,67	6,52	6,50	6,54	0,07 - 0,09	ns
PB, %MS	9,81 ^{ab}	10,54 ^a	9,81 ^{ab}	9,40 ^b	9,93	0,23 - 0,28	*
FDN, %MS	41,92	41,86	41,65	41,45	41,75	0,69 - 0,85	ns
FDA, %MS	25,94	26,29	26,36	26,51	26,25	0,33 - 0,40	ns
DIVMS, %MS	75,44	75,95	75,76	75,43	75,66	0,42 - 0,52	ns
Sobras							
MS, %	43,73 ^b	46,64 ^a	45,15 ^{ab}	44,73 ^b	45,09	0,47 - 0,57	**
CZ, %MS	5,08 ^b	5,62 ^a	5,34 ^{ab}	5,32 ^{ab}	5,34	0,08 - 0,10	**
PB, %MS	6,85 ^b	8,62 ^a	7,53 ^b	7,31 ^b	7,60	0,21 - 0,26	**
FDN, %MS	50,34	48,73	50,00	49,76	49,70	0,63 - 0,77	ns
FDA, %MS	32,31	31,44	32,36	32,28	32,08	0,46 - 0,56	ns
DIVMS, %MS	66,59 ^b	69,19 ^a	67,67 ^{ab}	67,77 ^{ab}	67,81	0,53 - 0,65	*

¹ EPM - erro padrão da média; primeiro valor refere-se aos tratamentos *L. buchneri*, uréia 1,0 e 1,5%; e o segundo, ao tratamento uréia 2,0%.

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{abcd} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa

²MS = matéria seca; CZ = cinzas; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro;

FDA= fibra em detergente ácido; CS = carboidrato solúvel.

3.2.3.3 Ingestão de matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar

Na Tabela 7 e 8 estão apresentados os valores de ingestão de matéria seca (IMS). No período 3 não houve a participação do tratamento 4, pois o tratamento uréia a 2% sofreu redução na disponibilidade de silagem devido às elevadas perdas por deterioração que ocorreram nos silos durante o período experimental.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos apenas no terceiro período, onde o tratamento uréia 1,5% apresentou a menor IMS. Na tabela 7 observa-se que para os tratamentos LB e uréia 1,0% houve maior IMS com o passar do tempo. Para IMS (%PV), os tratamentos apresentaram médias de 3,17 e 3,2% no período 1 e 2, respectivamente.

Pedroso (2003) avaliando o desempenho de novilhas da raça Holandesa, recebendo ração com 0,5% de uréia na MV de silagens de cana, encontrou valor inferior para IMS (2,17% do PV). Os valores de IMS encontrados por Pedroso (2003) no tratamento com uréia 0,5% são menores que os observados no tratamento uréia 1% do presente estudo: 3,10% PV foi a média entre os 3 períodos. No tratamento com *L. buchneri* ($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV), no estudo conduzido por Pedroso (2003) o valor de IMS foi de 2,35% PV, inferior ao encontrado neste estudo (5×10^4 ufc/g MV) para o tratamento com *L. buchneri* (3,31% PV) e, semelhante ao observado por Mari¹ (informação pessoal) que foi de 2,02 % PV para o tratamento com *L. buchneri* (5×10^4 ufc/g MV).

Queiroz et al. (2005), avaliaram o uso de silagem de cana-de-açúcar aditivada com *L. buchneri* (5×10^4 ufc/g MV) como volumoso exclusivo em rações para vacas holandesas em estágio intermediário de lactação e compararam esse volumoso com a cana fresca picada diariamente, com a silagem de milho e com uma mistura (50:50) de cana fresca e silagem de milho. As rações com silagem de cana e cana fresca + silagem de milho apresentaram maior consumo de MS em relação à cana fresca e à silagem de milho. Observou-se também que a silagem de cana-de-açúcar adequadamente aditivada pode propiciar desempenho de animais similares aos

¹ MARI, L.J. Mensagem recebida por ljmari@terra.com.br em 10 ago. 2005.

observados com cana-de-açúcar fresca, contrariando a idéia que, teoricamente, haveria redução significativa no valor nutritivo da forragem após a ensilagem, devido a perdas fermentativas (NUSSIO & SCHMIDT, 2005).

Na Tabela 9 estão apresentados os valores de taxa de ganho de peso (GPV). No presente experimento houve efeito ($P>0,05$) do tratamento uréia 1,0% entre os períodos, onde observou-se que no segundo período a taxa de ganho de peso foi inferior aos demais. O ganho de peso médio obtido em todos os tratamentos apresentou-se dentro do predito pelo NRC (2001) que foi de 0,92 kg/dia para animais com média de peso de 240 kg.

Pedroso (2003) avaliando o desempenho de novilhas da raça Holandesa com peso inicial de 388 kg e alimentados com rações contendo 45,9% de silagem de cana-de-açúcar e 12% de PB na MS, obteve GPV médio de 1,09 kg. No tratamento com 0,5% de uréia na MV, o GPV foi de 1,03 kg/dia, superior ao do presente estudo. No tratamento com *L. buchneri* ($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV), o GPV foi de 1,24 kg/dia.

Mari (informação pessoal) encontrou valores semelhantes de GPV aos do presente estudo em um ensaio com tourinhos Nelore com idade média de 18 meses e com peso inicial de 380 kg. No tratamento com silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. buchneri* (5×10^4 ufc/g MV) obtiveram a média de 0,92 kg/dia em 121 dias de confinamento.

Quanto à conversão alimentar (kg IMS/kg GPV), houve efeito de período experimental para o tratamento uréia 1,5%, sendo que no segundo período ocorreu aumento da CA (10,40) enquanto que no terceiro período retornou ao observado no primeiro período (Tabela 10). Na média, o melhor resultado de CA foi observado para o tratamento uréia 1,0%. Esses valores foram semelhantes que aqueles observados por Pedroso (2003), que avaliando o desempenho de novilhas da raça Holandesa, no tratamento com 0,5% de uréia na MV, relatou CA de 8,63 e, no tratamento com *L. buchneri* ($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV) o valor de CA foi ainda melhor (7,73) que o observado no presente estudo (9,17). Mari (informação pessoal) observou valor de CA para o tratamento *L. buchneri* de 9,49, semelhante ao presente estudo.

Pedroso (2003) testou o aditivo químico uréia apenas no nível de 0,5% na MV e sugeriu que pesquisas adicionais deveriam ser desenvolvidas para avaliação de

desempenho de animais utilizando-se doses maiores de uréia nas silagens de cana-de-açúcar, uma vez que a deterioração aeróbia das silagens ainda foi considerada expressiva com a dose de 0,5% da MV.

No presente estudo, os três tratamentos que utilizaram a uréia na ensilagem da cana-de-açúcar mostraram que não houve vantagem em aumentar as doses de uréia para obtenção do melhor desempenho dos animais. A comparação com a adição de *L. buchneri* nas silagens de cana procurou contrastar a adição de uréia com um tratamento que já tivesse demonstrado resultados positivos consistentes em avaliações prévias.

Tabela 7 - Ingestão de MS (kg MS/dia) em novilhas recebendo rações à base de silagens de cana-de-açúcar

Tratamentos	Período			Média	EPM ¹	Período
	1	2	3			
<i>L. buchneri</i>	7,77 ^a	9,03 ^b	9,47 ^{Ab}	8,76	0,228	**
Uréia 1,0%	7,19 ^a	8,19 ^{ab}	8,45 ^{Ab}	7,94	0,228	*
Uréia 1,5%	7,24	7,93	8,02 ^B	7,73	0,228	ns
Uréia 2,0%	7,76	8,58	...	...	...	...
Média	7,49	8,43	...	...	...	...
EPM ¹	0,197	0,197	...	...	...	...
Tratamento	ns	ns	*	...	...	...

¹ EPM - erro padrão da média

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{ABCD} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa

^{abcd} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa

Tabela 8 - Ingestão de MS (% do peso vivo) em novilhas recebendo rações à base de silagens de cana-de-açúcar

Tratamentos	Período			Média	EPM ¹	Período
	1	2	3			
<i>L. buchneri</i>	3,27	3,35	3,30 ^A	3,31	0,72	ns
Uréia 1,0%	3,08	3,15	3,07 ^A	3,10	0,72	ns
Uréia 1,5%	3,03	3,03	2,83 ^B	2,96	0,72	ns
Uréia 2,0%	3,3	3,28	...	...	...	
Média	3,17	3,2	...	...	...	
EPM ¹	0,624	0,624	...	...	...	
Tratamento	ns	ns	*	...	...	

¹ EPM - erro padrão da média

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{ABCD} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa

Tabela 9 - Taxa de ganho de peso (kg) em novilhas recebendo rações à base de silagens de cana-de-açúcar

Tratamentos	Período			Média	EPM ¹	Período
	1	2	3			
<i>L. buchneri</i>	1,03	0,97	1,14	1,05	0,045	ns
Uréia 1,0%	1,1 ^a	0,71 ^b	1,12 ^a	0,98	0,045	*
Uréia 1,5%	1,01	0,78	0,97	0,92	0,045	ns
Uréia 2,0%	0,95	0,76	...	...	...	...
Média	1,02	0,81	...	...	...	...
EPM ¹	0,047	0,055	...	...	...	...
Tratamento	ns	ns	ns	...	...	...

¹ EPM - erro padrão da média

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{ABCD} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa^{abcd} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa

Tabela 10 - Conversão alimentar (kg MS/kg GPD) de novilhas recebendo rações à base de silagens de cana-de-açúcar

Tratamentos	Período			Média	EPM ¹	Período
	1	2	3			
<i>L. buchneri</i>	8,89	8,89	9,72	9,17	0,80	ns
Uréia 1,0%	6,87	9,34	8,25	8,15	1,02	ns
Uréia 1,5%	7,41 ^b	10,40 ^a	7,24 ^b	8,35	0,76	*
Uréia 2,0%	8,68	9,56	...	...	...	...
Média	7,96	9,55	...	...	...	...
EPM ¹	0,52	0,79	...	...	...	...
Tratamento	ns	ns	...	...	...	...

¹ EPM - erro padrão da média

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01); ns = P>0,05

^{ABCD} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa

^{abcd} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa

3.3 Considerações Finais

Os resultados relativos ao desempenho de animais nas rações contendo silagens de cana aditivadas com uréia foram satisfatórios, e similares entre si, sugerindo a dose de 1,0% como suficiente e adequada.

Em relação as perdas por deterioração das silagens observadas em silos de maior escala, constatou-se menores perdas para os tratamentos contendo LB e uréia 1,0%.

Referências

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

ALVAREZ, F. J.; PRIEGO, A.; PRESTON, T. R. Animal performance on ensiled sugarcane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 2, p. 2-33, 1977.

ANDRADE, J.B.; JÚNIOR, E.F.; POSSENTI, R.A.; OTSUK, I.P.; ZIMBACK, L.; LANDELL, M.G.A. Produção e composição de cultivares de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTIS. **Official methods of analysis**. 15rd ed. Arlington, 1990. v.1, 1117p.

BERNARDES, T.F.; SILVEIRA, R.N.; COAN, R.M.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; ITURRINO, R.P.S. Características fermentativas e presença de levedura na cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

BUCHANAN-SMITH, J.G. An investigation into palatability as a factor responsible for reduced intake of silage by sheep. **Animal Production**, Reading, v.50, p.253-260, 1990.

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos**. 2003. 101 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CASTRO NETO, A.; FERREIRA, D. A.; MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; NUNES, W. N. Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos: II Proteína bruta, frações fibrosas e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. 1 CD-ROM.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MORENO, T.T.B.; MOREIRA, A.L. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, 2002. **Anais...** Recife : SBZ, 2002. 1 CD ROM.

COZZOLINO, D.; ACOSTA, Y.; GARCIA, J. Application of near infrared reflectancy spectroscopy (NIRS) to forage evaluation in Uruguay. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 370.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, p. 350, 1956.

EVANGELISTA, A.R., LIMA, J.A., SIQUEIRA, G.R., SANTOS, R.V., SANTANA, R.A.V., LOPES, J. Perfil de fermentação de silagem da cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

GOERING, H. K.; SOEST, P. J. van. Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications. Washington: ARS, 1970. 20 p. (Agricultural Handbook, 379).

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

JONES, G.M.; LARSEN, R.E.; LANNING, N.M. Prediction of silage digestibility and intake by chemical analyses or *in vitro* fermentation techniques. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.63, p.579-586, 1980.

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

KUNG JUNIOR, L.; TAYLOR, C. Questions and answers on *Lactobacillus buchneri* 40788, a new microbial inoculant that improves the aerobic stability of silages. Disponível em <<http://ag.udel.edu/anfs/faculty/kung>>. Acesso em: 20 mar. 2003.

LIMA, F.S.; GARCIA, A.B.; MARQUES, T.A.; SETTI, M.C., MORAES, T.T.; KRONKA, S.N. Produção e composição bromatológica de doze variedades de *Saccharum officinarum* no município de Presidente Prudente-SP. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

MATHISON, G.W.; HSU, H.; SOOFI-SIAWASH, R. et al. Prediction of composition and ruminal degradability characteristics of barley straw by near infrared reflectance spectroscopy. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.19, p.519-523, 1999.

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, 2002. 1 CD ROM.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academic Press, 2001. 408p.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agrônômicos e nutricionais. In: SANTOS, F.A.P.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. Visão técnica e econômica da produção leiteira: **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 193-218.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 p. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; RIBEIRO, J.L.; SCHIMIDT, P.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.C.; CAMARGO, M.S.; TOLEDO FILHO, S.G.; VIEIRA, L.G., TRIVELIN, M.O.; MARI, L.J.; SOUZA, D.P. Sugarcane silage compared with tradicional roughage sources on performance of dairy cows.. In: XIV INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 14., 2005, Belfast. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2005. p.257.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; LANDELL, M.G.A. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. 1 CD-ROM.

ROTH, M.T.P.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.B.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, A.P.T.P.; AMARAL, R.C. Ensilagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratada com doses de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD ROM.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1994. p.828-868.

SANTOS, R.V. **Silagem de cana-de-açúcar em duas idades de corte com diferentes aditivos**. 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Universidade Federal de Lavras , Lavras, 2004.

SAS INSTITUTE. **SAS user.s guide: statistics**. Cary, 1999. 965p.

SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy. **Crop Science**, Madison, v.31, p.469-474, 1991.

SCHIMIDT, P.; NUSSIO, C.M.B.; RODRIGUES, A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; SILVA, C.E. Produtividade, composição morfológica, digestibilidade e perdas no processo de ensilagem de duas variedades de cana-de-açúcar, com e sem adição de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; JUNQUEIRA, M.C.; PEDROSO, A. de F.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S. de F.; ZOPOLLATTO, M.; MARI, L. J.; TOLEDO FILHO, S.G. Consumo e digestibilidade de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e microbianos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/SBZ, 2003. 1 CD ROM.

SHIGAKI, F.; FREITAS, N.; BERTO, A.; CEDDIA, M.B.; LIMA, E. Avaliação do valor nutritivo de variedades de cana-de-açúcar para alimentação bovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/SBZ, 2003. 1 CD ROM.

SILVA, S.A.R.; ROSA, B.; REIS, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Eficiência fermentativa da cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/SBZ, 2003. 1 CD ROM.

SILVESTRE, R.; McLEOD, N.A; PRESTON, T.R. The performance of steers fed fresh chopped whole sugarcane or after ensiling with urea or ammonia. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 40, 1976.

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

STEEN, R.W.J.; GORDON, F.J.; DAWSON, L.E.R.; PARK, R.S.; MAYNE, C.S. AGNEW, R.E.; KILPATRICK, D.J.; PORTER, M.G. Factors affecting the intake of grass silage by cattle and prediction of silage intake. **Animal Science**, Penicuik, v.66, p.115-127, 1998.

TILLEY, J.M., TERRY, R.A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p.104-111, 1963.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

WRIGHT, D.A.; GORDON, F.J.; STEEN, R.W.J.; PATTERSON, D.C. Factors influencing the response in intake of silage and animal performance after wilting of grass before ensiling. A review. **Grass Forage Science**, Oxford, v.55, p.1-13, 2000.