

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

FÁBIO TEIXEIRA DE PÁDUA

**AVALIAÇÃO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E ENSILADA
COM ADITIVOS, PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

CAMPOS DOS GOYTACAZES

2009

FÁBIO TEIXEIRA DE PÁDUA

**AVALIAÇÃO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E ENSILADA
COM ADITIVOS, PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Ciência Animal, na área de concentração em nutrição e produção de ruminantes.

ORIENTADOR: Prof. Carlos Augusto de Alencar Fontes

CO-ORIENTADORES: Prof. Alberto Magno Fernandes

Prof. José Tarcísio Lima Thiébaud

Prof. Ricardo Augusto Mendonça Vieira

CAMPOS DOS GOYTACAZES

2009

FÁBIO TEIXEIRA DE PÁDUA

AVALIAÇÃO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA E ENSILADA COM ADITIVOS, PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Ciência Animal, na área de concentração em nutrição e produção de ruminantes.

Aprovada em 20 de Maio de 2009.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Alberto Magno Fernandes (D. Sc., Zootecnia) – UENF

Dr. Antônio Gesualdi Júnior (D. Sc., Zootecnia) - TECNORTE

Prof. José Tarcísio Lima Thiébaud (D. Sc., Produção Animal) – UENF

Prof. Ricardo Augusto Mendonça Vieira (D. Sc., Zootecnia) – UENF

Prof. Carlos Augusto de Alencar Fontes (Ph. D., Zootecnia) – UENF

Orientador

A Deus,

Ao meu saudoso PAI, *Agenor José de Pádua*, exemplo de ser humano que a todos deixa saudade, fonte de inspiração para lutar, referencial da minha caminhada e que de onde quer que esteja terá a satisfação de saber que seu filho caçula não se perdeu nos caminhos da vida e sim seguiu seus conselhos e ensinamentos.

A minha amada MÃE, *Vilma Teixeira de Pádua*, meu legítimo porto seguro, figura inabalável, de caráter ímpar, que em todos os momentos da minha caminhada se fez presente.

O amor e a gratidão que tenho por vocês, PAI e MÃE, tenham certeza que é de tamanha magnitude, que de certo não conseguirei expressar em palavras.

DEDICO

A minha namorada, *Amanda Guedes de Mendonça*, pessoa de personalidade singular, a companheira de todas as horas, fundamental na minha vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as coisas.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense, ao Centro de Ciências e Tecnologias Agrárias e ao Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal, pela oportunidade de realização do curso.

A FAPERJ/UENF, pela concessão de bolsa de estudo.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Campus Dr. Leonel Miranda, na pessoa do Dr. Josil de Barros Carneiro Júnior, pelo apoio incondicional para realização do experimento.

A Lallemand do Brasil, pelo fornecimento do inoculante para confecção das silagens.

Ao meu orientador e professor Dr. Carlos Augusto de Alencar Fontes, pela orientação no curso, pelo comprometimento e parceria para o sucesso do trabalho como um todo e pelos valiosos ensinamentos.

Aos meus co-orientadores Dr. Ricardo Augusto Mendonça Vieira, Dr. José Tarcisio Lima Thiébaud e Dr. Alberto Magno Fernandes, pelos ensinamentos e dedicação.

Ao Prof. Dr. João Carlos de Carvalho Almeida, Prof. Dr. João Batista Rodrigues de Abreu e Prof. Dr. Victor Cruz Rodrigues, pelo apoio incondicional para que eu pudesse cursar o doutorado.

Aos meus irmãos Fernando Teixeira de Pádua, Fernanda Teixeira de Pádua e Lígia Maria Marçal, por sempre acreditarem e torcerem pelo meu sucesso.

Aos meus sobrinhos Bruno, Luan, Lucas, Nicolle e Luiza, pela alegria proporcionada por vocês existirem.

Aos meus Avós Agenor Felisberto de Pádua, Laurinda Moreira de Pádua e Gicelda Machado Teixeira, e aos Tios, Tias, primos e primas que sempre acreditaram e incentivaram-me na carreira, desta forma participaram direta e indireta na realização deste trabalho.

Aos professores do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal, pelos ensinamentos transmitidos ao longo dessa caminhada.

Aos Profs. Ivo José Cursino Vieira, Luis César Passoni e Carlos Roberto Ribeiro Matos do laboratório de química e a Prof. Daniela do laboratório de tecnologia de alimentos, pela realização das análises cromatográficas.

As Dras. Lanamar de Almeida Carlos e Silvia Menezes de Faria Pereira, pelo apoio e dedicação na realização das análises laboratoriais das silagens.

Aos amigos de doutorado Leandro Marelli e Leonardo, pelo auxílio nas análises cromatográficas.

Ao Sr. José Acácio, técnico responsável pelo laboratório de nutrição mineral de plantas da UENF, pela amizade, pelo prazeroso convívio e pelo apoio em todas as solicitações.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, em especial a Jovana Campos, que não se furta a ajudar a quem quer que a solicite.

Aos funcionários da Unidade de Apoio à Pesquisa do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal, pela grande colaboração na realização do experimento.

Aos amigos e companheiros de “repúblicas” Vítor Oliveira, Saulo Araújo, Leonardo Dobbss, Thiago Vasconcelos, Bruno Deminicis, Érico, Prof. Thiébaud, Vinicius Carlesso, Jair, Pará, Pretinho, Luis Felipe, Leandro Miracema, Cláudio Lombardi, Marcelo Lobo, Fernando, Luis Otávio, Leo Miracema, Fernando e Jorge Luiz, pelo convívio nas nossas repúblicas.

Ao amigo João Gomes Siqueira, pelo convívio harmônico, pela amizade constituída, pelo apoio na minha pesquisa emprestando as novilhas para realização do experimento, pelos presentes ofertados (laço de couro, carneiro), em particular, meu muito obrigado.

Aos amigos de Serrinha: Túlio Sales (Magrim), Gabriel Sales (Cardoso), Enerson Conceição (Pretinho), Luiz Carlos Sales (Tio Luiz), Alcir Pena (Tio Alcir) e Romulo Sales (Rominho), pela recepção e acolhida proporcionada.

Aos amigos Pedro Pierro, Leonardo Carneiro, Rodrigo Alvim, Daniel Tortely e Otávio Cabral Neto, pelo incentivo e ajuda.

Aos bolsistas Alex Trindade, Renata, Raoni, Daniel Candeu, Bethânia Falcão, Renan, Paulinho, Tiago, Jerônimo, Amaro, Alexander Corrêa, Wellington e Laila, que me acompanharam e muito contribuíram para a realização deste trabalho, desejo a vocês êxito pleno na vida.

Por mais que tentasse lembrar, de certo estaria esquecendo alguém. Aos amigos e amigas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

MEU MUITO OBRIGADO

Fábio Teixeira de Pádua, Forró

"O sucesso de qualquer atividade depende da relação harmônica entre as pessoas envolvidas e os fatores condicionantes de sua execução"

Autor Desconhecido

BIOGRAFIA

Fábio Teixeira de Pádua, filho de Agenor José de Pádua e Vilma Teixeira de Pádua, nasceu em Petrópolis, no dia 16 de novembro de 1976.

Foi admitido na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica - RJ em março de 1998, onde foi estagiário no Departamento de Nutrição Animal e Pastagens do Instituto de Zootecnia, no setor de forragicultura e pastagens, onde desenvolveu trabalhos de pesquisa nas áreas de nutrição e produção de ruminantes e forragicultura, graduando-se em Zootecnia em outubro de 2002. cursou o Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal do Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, realizando estudos na área de conservação de forragens, defendendo a dissertação de mestrado em fevereiro de 2005.

Submeteu-se à defesa para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal em 20 de Maio de 2009.

RESUMO

PÁDUA, Fábio Teixeira de, D. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Maio de 2009; Avaliação de variedades de cana-de-açúcar *in natura* e ensilada com aditivos, para alimentação de ruminantes; Professor Orientador: Prof. Carlos Augusto de Alencar Fontes. Professores Conselheiros: Profs. Alberto Magno Fernandes, José Tarcisio Lima Thiébaud e Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

Foram conduzidos quatro experimentos no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, com o objetivo de avaliar as características agrônômicas e a qualidade nutricional de variedades de cana-de-açúcar *in natura*, incluindo o consumo voluntário, os tempos médios de retenção ruminal das fases sólida e líquida e a digestibilidade ruminal da fibra, bem como a influência dos aditivos químicos (CaO e NaOH) e biológico (*Lactobacillus buchneri*) sobre a composição bromatológica, as características de fermentação, as perdas e a digestibilidade da silagem de cana-de-açúcar. No primeiro experimento, avaliou-se a produção de matéria natural e de sacarose, por ha, a composição química e a degradabilidade ruminal “*in situ*” de variedades de cana-de-açúcar. Foram objeto do estudo as variedades: RB867515, RB835486, RB758540, RB72454, RB928064, RB845210, RB739735, RB855536, RB855113, RB835054, RB858927, RB765418, SP81-3250, SP80-1816, SP80-3280, SP90-3414, SP91-1049, SP80-1842, SP79-2233, SP90-1638, SP83-2847, SP83-5073, SP86-155 e CB44-74. Os aspectos e a composição bromatológica foram avaliados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Os resultados obtidos para as variáveis estudadas foram submetidos aos testes de normalidade, multi-colinearidade, componentes principais e agrupamento, pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância. As variáveis que mais contribuíram para discriminar os grupos de variedades foram: produção de biomassa em tonelada de cana por hectare (TCH) (91,10%), fibra em detergente neutro (FDN) (4,54%), fração indegradável (I) (3,27%) e hemicelulose (1,08%). A análise de agrupamento possibilitou discriminar três grupos de variedades de cana-de-açúcar. Foram selecionadas para o segundo experimento as variedades RB855536, RB835486 e SP80-1842, baseando-se nas variáveis que apresentaram maior poder de discriminação dos grupos. No segundo experimento, avaliaram-se o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico ($PV^{0,75}$), os tempos médios de retenção no rúmen-retículo de partículas das fases sólida e

líquida, a digestibilidade ruminal verdadeira da fibra em bovinos, a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das três variedades selecionadas (RB855536, RB835486 e SP80-1842), num delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre as variedades testadas para os tempos médios de retenção de partículas das fases sólida e líquida do compartimento rúmen-retículo, o mesmo ocorrendo para a digestibilidade ruminal verdadeira da fibra e para o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico. Foram observadas diferenças ($P<0,05$) entre as variedades testadas para os teores de fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, matéria mineral e proteína bruta. Entretanto, as variedades não diferiram ($P>0,05$) quanto aos teores de matéria seca, lignina e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca. A variedade RB855536 foi selecionada para utilização nos experimentos três e quatro, tomando-se como referência, além dos aspectos nutricionais, aspectos práticos como maior escala de cultivo nas regiões norte e noroeste fluminenses. Nos terceiro e quarto experimentos, avaliaram-se a composição bromatológica, os produtos de fermentação, as perdas gasosas e por efluentes e a digestibilidade das silagens de cana-de-açúcar sem aditivo e aditivadas com óxido de cálcio (CaO) (experimento 3) e hidróxido de sódio (NaOH) (experimento 4) nos níveis 0,8, 1,6 e 2,4%, em associação com o aditivo biológico Lalsil Cana (*Lactobacillus buchneri* NCIMB40788 (*buch*) nos níveis zero, 50.000, 100.000 e 150.000ufc/g de matéria natural. Foi utilizada a variedade RB855536, cana planta colhida aos 12 meses. Os experimentos 3 e 4 foram realizados segundo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 4×4 (níveis do aditivo químico e do biológico). Em ambos os experimentos foi avaliada a composição química das silagens, determinando-se os teores de ácidos graxos voláteis e láctico, teor de etanol, pH, FDN, FDA, lignina, MS, MM, DIVMS e as perdas gasosas e por efluentes. Os resultados foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAEG (UFV, 2000) e SAS. No experimento 3, observou-se efeito de interação ($P<0,05$) entre os aditivos químico (CaO) e biológico para o teor do ácido láctico, acético, propiônico, butírico, teor de etanol, perda gasosa e por efluente, teor de FDN, FDA, lignina. Entretanto, não foi observado efeito de interação para o teor de MS, MM, pH e DIVMS. Para as variáveis em que houve interação dos aditivos fez-se o desdobramento, avaliando-se o efeito dos níveis de um aditivo em cada nível do outro. No experimento 3, o nível de 1,6% de CaO associado ao nível de 50.000ufc/gMN do inoculante biológico proporcionou teor satisfatório de ácido láctico com média superior a 4,5% e de ácido acético em torno de 1%, teor baixo de ácido propiônico com média de 0,55%, teor de ácido butírico de 0,05%, abaixo do limite aceitável de 0,1%, e controlou a fermentação alcoólica e as perdas

gasosa e por efluentes. O óxido de cálcio promoveu a hidrólise alcalina da fibra, tendo reduzido o teor de FDN, FDA e lignina, com a elevação da DIVMS. Os teores de matéria seca e matéria mineral e o pH foram influenciados pela tratamento com óxido de cálcio, não sendo afetados de forma consistente pelo aditivo biológico. No experimento 4, o nível de 1,6% de NaOH em associação ao nível de 50.000ufc/gMN de *buch* possibilitou a produção de silagens com características desejáveis, proporcionando teor médio de ácido láctico de 4,80% e de ácido acético próximo a 1%, teor moderado de ácido propiônico 0,32%, controlou a fermentação butírica, conferindo teor médio de 0,04% dentro da faixa aceitável de até 0,1% e teor de etanol 6% inferior ao verificado na silagem exclusiva de cana-de-açúcar. Manteve, ainda, as perdas gasosas e por efluentes dentro de limites aceitáveis. O NaOH proporcionou redução dos teores de FDN, FDA e lignina, e elevou a DIVMS. O teor de MM foi aumentado com a inclusão do hidróxido de sódio, dando origem a silagens teor de matéria seca moderado.

Palavras-chave: Variedades de cana-de-açúcar, consumo animal, dinâmica ruminal de partículas, silagem de cana-de-açúcar

ABSTRACT

PÁDUA, Fábio Teixeira de, D. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; março de 2009; Evaluation of varieties of sugarcane in nature and ensiled with additives, as ruminant feed. Professor Orientador: Prof. Carlos Augusto de Alencar Fontes. Professores Conselheiros: Prof. Alberto Magno Fernandes, Prof. José Tarcisio Lima Thiébaud e Prof. Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

Four trials were conducted at the Animal Science Department of the Northern Rio de Janeiro State University, aiming to evaluate the agronomic characteristics and the nutritive quality of sugarcane varieties *in natura* and the fermentation characteristics and the nutritive value of sugarcane silages produced with addition of an association of levels of chemical and microbial additives. The nutritional evaluation included chemical composition, voluntary intake, mean retention time of the solid and liquid phases, and ruminal degradability of fiber and digestibility. The chemical additives used were CaO and NaOH and the microbial additive was the *Lactobacillus buchneri*. In the first experiment, they were evaluated the green matter and sacharose production, per hectare, the chemical composition and *in situ* ruminal degradability of sugarcane varieties. The varieties included in the research were: RB867515, RB835486, RB758540, RB72454, RB928064, RB845210, RB739735, RB855536, RB855113, RB835054, RB858927, RB765418, SP81-3250, SP80-1816, SP80-3280, SP90-3414, SP91-1049, SP80-1842, SP79-2233, SP90-1638, SP83-2847, SP83-5073, SP86-155 and CB44-74. The agronomic characteristics and the bromatological composition were evaluated under a randomized complete block design experiment, with four replicates. The results obtained for the different variables were submitted to the tests of normality, multicollinearity, main components and the grouping Scott Knott test at the 5% significancy level. The most important variables for group discrimination were biomass production, in ton per hectare (TCH) (91,1%), neutral detergent fiber (NDF) (4,54%), the indegradable fraction (I) (3,27%) and hemicelulose (1,08%). The grouping analysis permitted to discriminate three groups of varieties of sugarcane. For the second trial, the varieties RB855536, RB835486 and SP80-1842 were selected, based on the variables that had the higher discrimination power. In the second experiment, they were evaluated dry matter intake/Wt^{0.75}, mean retention time of solid and liquid phases particles, true ruminal digestibility of fiber in bovine, chemical composition, and *in vitro* dry matter digestibility of the three selected varieties (RB855536, RB835486 and SP80-1842), in a completely randomized design experiment, with four

replicates. There were no differences ($P < 0,05$) among the varieties regarding to mean retention time in rumen-reticulum of solid and liquid phase particles, true ruminal digestibility of fiber, and dry matter intake per unit of metabolic size. However, the varieties differed ($P < 0,05$) with respect to content of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ash and crude protein, but, did not differ with respect to dry matter and lignin content and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDMD). The RB855536 variety was selected to be used in the experiments three and four, based on the nutritional characteristics and its importance (planted area) in the North and Northwest regions of Rio de Janeiro State. In the third and fourth experiments, they were evaluated the chemical composition, the products of fermentation and associated losses (gaseous losses and effluent losses) and the digestibility of silages of sugarcane with no chemical additives or with addition of CaO (experiment 3) or NaOH (experiment 4) at the levels of 0,8, 1,6 and 2,4% in association with the microbial additive *Lactobacillus buchneri* at the levels zero, 50,000, 100,000 and 150,000 ufc/g of sugarcane, wet basis. The variety RB855536 was harvested after a 12 month growth period (first harvested). The experiments 3 and 4 were carried under to a completely randomized design in a 4×4 factorial arrangement (chemical \times microbial additives), with three replicates. In both trials they were evaluated the silage contents of volatile fat acids, lactic acid, ethanol, NDF, ADF, lignin, DM, ash, as well as, the pH, IVDMD, and the gaseous and effluents losses. The results were analysed utilizing the SAS and SAEG systems. In the experiment 3, it was observed interaction effect ($P < 0,05$) between the chemical and the microbial additive on silage contents of lactic acid, acetic acid, propionic acid, butiric acid, ethanol, NDF, ADF and lignin and on the gaseous and effluent losses. However, there was no interaction effect between the additives with respect to DM and ash contents, pH and IVDMD. When interaction effect was observed ($P < 0,05$), the effects of the levels of one factor were evaluated in each level of each other and vice versa. In trial 3 the level 1,6% of CaO, associated to the level 50.000ufc of *Lactobacillus buchneri*/g of sugarcane provided adequate levels of lactic acid (above 4,5%), acetic acid (approximately 1%), low level de butiric acid (0,05%), below the acetable limit of 0,1%, and was effective in controlling ethilic fermentation and gaseous and effluents losses. Calcium oxide promoted alkaline hydrolysis of fiber, reducing NDF, ADF and lignin content and improving IVDMD. The pH and, DM and ash content of the silage were affected by CaO treatment but were not consistently influenced by the microbial additive. In experiment 4, the 1,6% level of NaOH associated to 50,000ufc of *Lactobacillus buchneri* per g of sugarcane gave rise to silages with desirable characteristics, with lactic acid content of 4,8%, 1% of acetic acid, moderate level of propionic acid (0,32%), low level of

butiric acid (0,04%), and acceptable level of ethanol. In addition maintained the gaseous and effluent losses inside acceptable limits. The NaOH reduced NDF, ADF and lignin content of silages and improved IVDMD.

Key Words: sugarcane varieties, intake, ruminal particle dynamics, sugarcane silage

LISTA DE TABELAS

1	Valores médios de produção de matéria natural (TCH), sacarose (TPH), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), hemicelulose (HCEL) e matéria mineral (MM) das variedades de cana-de-açúcar, com a respectiva média, erro padrão e coeficiente de variação.....	46
2	Valores médios estimados para as variáveis taxa de degradação da FDN (k_d FDN), fração indegradável (I), fração potencialmente indegradável (B), média geral, erro padrão e coeficiente de variação.....	48
3	Contribuição das variáveis para discriminação das variedades por grupo.....	50
4	Grupos de variedades de cana-de-açúcar e médias das variáveis em cada grupo.....	52
5	Tempo médio de retenção da fase sólida no rúmen-retículo (TS), tempo médio de retenção da fase líquida no rúmen-retículo (TL), digestibilidade ruminal verdadeira da fibra (DF) e consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMS) para as variedades de cana-de-açúcar avaliadas.....	67
6	Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), matéria seca (MS), lignina (LIG) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) das variedades de cana-de-açúcar (tratamentos) avaliadas.....	68
7	Níveis do aditivo químico (CaO) e biológico (<i>Lactobacillus buchneri</i>) (<i>buch</i>) e suas associações adicionados na ensilagem da cana-de-açúcar.....	74
8	Composição bromatológica da cana-de-açúcar <i>in natura</i> no momento da ensilagem.....	77
9	Equações de regressão dos teores de ácido láctico (LAT), acético (ACET), propiônico (PROP), butírico (BUT), etanol (ETN), pH, perda por gases (PG), perda por efluentes (PE) em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> (<i>buch</i>), em cada nível de óxido de cálcio na silagem.....	85
10	Equações de regressão dos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> (<i>buch</i>), em cada nível de óxido de cálcio na silagem.....	89
11	Equações de regressão para os teores de ácido láctico (LAT), acético (ACET), propiônico (PROP), butírico (BUT), etanol (ETN), pH, perda por gases (PG) e por efluentes (PE) em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	94
12	Equações de regressão para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> e para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) em função do nível de óxido de cálcio.....	101
13	Níveis do aditivo químico (NaOH) e biológico (<i>Lactobacillus buchneri</i>) (<i>buch</i>) e suas associações adicionados na ensilagem da cana-de-açúcar.....	108
14	Composição bromatológica da cana-de-açúcar <i>in natura</i> no momento da ensilagem.....	111
15	Equações de regressão para os teores de ácido láctico (LAT), acético (ACET), propiônico (PROP), butírico (BUT), etanol (ETN), pH, perda por gases (PG), perda por efluentes (PE) em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> , em cada nível de hidróxido de sódio.....	117
16	Equações de regressão para os teores de FDN, FDA, lignina (LIG), MM, em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> , em cada nível de hidróxido de sódio e para matéria seca (MS) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	121
17	Equações de regressão para os teores de ácido láctico (LAT), acético (ACET), propiônico (PROP), butírico (BUT), etanol (ETN), pH, perda por gases (PG), perda por efluentes (PE) em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	126

18	Equações de regressão para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria mineral (MM), em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> e para os teores matéria seca (MS) e taxa de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) em função dos níveis de hidróxido de sódio.....	133
----	---	-----

LISTA DE FIGURAS

1	Teores de ácido láctico (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> (<i>buch</i>), em cada nível de óxido de cálcio.....	82
2	Níveis de perda gasosa (a) e de perda por efluentes (b) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> , em cada nível de óxido de cálcio.....	84
3	Teores de fibra em detergente neutro (a), fibra em detergente ácido (b), lignina (c), matéria mineral (d), matéria seca (e) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> (<i>buch</i>), em cada nível de óxido de cálcio.....	88
4	Teores de ácido láctico (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	93
5	Níveis de perda gasosa (a) e de perda por efluentes (b) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	95
6	Teores de fibra em detergente neutro (a), fibra em detergente ácido (b), lignina (c), matéria mineral (d), matéria seca (e) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	100
7	Teores de ácido láctico (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> , em cada nível de hidróxido de sódio.....	115
8	Níveis de perda gasosa (a) e de perda por efluentes (b) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> , em cada nível de hidróxido de sódio.....	116
9	Teores de fibra em detergente neutro (a), fibra em detergente ácido (b), lignina (c), matéria mineral (d), matéria seca (e) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de <i>Lactobacillus buchneri</i> , em cada nível de hidróxido de sódio.....	120
10	Teores de ácido láctico (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	125
11	Níveis de perda gasosa (a) e de perda por efluentes (b) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	128
12	Teores de FDN (a), FDA (b), lignina (c), MM (d), MS (e) e DIVMS (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de <i>Lactobacillus buchneri</i>	132

LISTA DE SIGLAS

Sigla	Definição
ACET	Ácido acético
B	Fração insolúvel potencialmente degradável
buch	Lactobacillus buchneri, inoculante microbiano ou biológico
BUT	Ácido Butírico
CaO	Óxido de cálcio
CMS	Consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico
DF	Digestibilidade ruminal verdadeira da fibra
DIVMS	Digestibilidade in vitro da matéria seca
ETN	Etanol
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
HCEL	Hemicelulose
I	Fração indegradável
k _d FDN	Taxa de degradação ruminal da fibra em detergente neutro
LAT	Ácido láctico
LIG	Lignina
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
NaOH	Hidróxido de sódio
PB	Proteína bruta
PE	Perda por efluente
PG	Perda gasosa
pH	Potencial hidrogeniônico
PMN	Produção de matéria natural
POL	Teor de sacarose
PROP	Ácido Propiônico
PV	Peso vivo
PV ^{0,75}	Unidade de tamanho metabólico
TCH	Tonelada de cana por hectare
TL	Tempo médio de retenção da fase líquida no rúmen-retículo
TPH	Tonelada de POL por hectare
TS	Tempo médio de retenção da fase sólida no rúmen-retículo

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	1
2.	Revisão da Literatura.....	5
2.1	Variedades de cana-de-açúcar.....	5
2.2	Produção de matéria natural, de açúcar e teor de sacarose (POL).....	6
2.3	Composição bromatológica e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca.....	7
2.4	Cinética de degradação <i>in situ</i>	9
2.5	Métodos de avaliação da divergência genética.....	11
2.6	Multicolinearidade.....	12
2.7	Alimentação e desempenho animal.....	13
2.8	Dinâmica ruminal de partículas.....	15
2.9	Silagem de cana-de-açúcar.....	16
3.0	Composição bromatológica da silagem de cana-de-açúcar.....	18
3.1	Aditivos.....	20
3.2	Aditivos químicos.....	20
3.3	Aditivos microbianos.....	22
3.4	Microflora epífita das silagens.....	24
3.5	Referências Bibliográficas.....	26
4.	Trabalhos.....	35
	Trabalho 1 - Produção, composição bromatológica e degradabilidade ruminal <i>in situ</i> de variedades de cana-de-açúcar cultivadas nas regiões norte e noroeste fluminenses.....	36
	Resumo.....	36
	Abstract.....	37
	Introdução.....	38
	Material e Métodos.....	39
	Resultados e Discussão.....	43
	Conclusões.....	53
	Referências Bibliográficas.....	54
	Trabalho 2 - Consumo, dinâmica ruminal de partículas e composição química de variedades de cana-de-açúcar.....	58
	Resumo.....	58
	Abstract.....	59
	Introdução.....	60
	Material e Métodos.....	62
	Resultados e Discussão.....	65
	Conclusões.....	69
	Referências Bibliográficas.....	70
	Trabalho 3 - Influência dos aditivos óxido de cálcio e <i>Lactobacillus buchneri</i> sobre a qualidade e as perdas de fermentação da silagem de cana-de-açúcar.....	71
	Resumo.....	71
	Abstract.....	72
	Introdução.....	73
	Material e Métodos.....	74
	Resultados e Discussão.....	77
	Conclusões.....	101
	Referências Bibliográficas.....	102
	Trabalho 4 - Influência dos aditivos hidróxido de sódio e <i>Lactobacillus buchneri</i> sobre a qualidade e as perdas de fermentação da silagem de cana-de-açúcar.....	105
	Resumo.....	105
	Abstract.....	106
	Introdução.....	107

Material e Métodos.....	108
Resultados e Discussão.....	111
Conclusões.....	133
Referências Bibliográficas.....	134

1. INTRODUÇÃO

A produtividade brasileira de cana-de-açúcar em 2008 foi de 78,79 t/ha (IBGE, 2008), com uma área plantada de 7.908.867 ha e produção de 623.102.780 t, resultado considerado recorde pela união das indústrias canavieiras (UNICA, 2008).

A busca por alternativas energéticas ambientalmente corretas, ou seja, energia proveniente de fontes naturais renováveis que apresentem efeitos menos agressivos no tocante à poluição do meio ambiente, revelou ser a cana-de-açúcar excelente opção para produção de energia através do álcool combustível. Além disso, com a elevação dos preços do barril de petróleo, a demanda por combustíveis mais baratos é crescente. Desta forma, ocorreu grande expansão da cultura da cana-de-açúcar e de usinas sucroalcooleiras.

Regiões tradicionalmente produtoras de milho e soja no sul do Estado de Goiás podem ser citadas como exemplo do crescimento da lavoura canavieira no Brasil, onde nos municípios de Rio Verde e Mineiros as autoridades municipais foram obrigadas a tomar medidas de contenção do avanço da cultura da cana-de-açúcar, estabelecendo limites para formação de canaviais pelos produtores rurais.

A atividade canavieira tem presença marcante nas regiões norte e noroeste fluminenses do Estado do Rio de Janeiro, que respondem pela quase totalidade da sua produção sucroalcooleira. Na época do auge da indústria canavieira nas regiões norte e noroeste fluminenses existiram aproximadamente trinta e três usinas funcionando. Nos dias de hoje, este número encontra-se reduzido para próximo de seis. Possivelmente devido à falta de investimentos em itens como a manutenção da fertilidade do solo através de práticas de correção da acidez, como a calagem, e de adubação periódica de reposição dos nutrientes extraídos, os índices produtivos das lavouras sofreram quedas sucessivas e o que se vê hoje em dia são muitas das fazendas tradicionais produtoras de cana-de-açúcar com suas terras ocupadas por rebanhos bovinos e/ou ovinos, mantidos em pastagens naturais formadas após o desaparecimento dos canaviais.

Paralelamente a cultura da cana-de-açúcar, a pecuária bovina de corte e leite podem ser consideradas tradicionais nas regiões norte e noroeste fluminenses, contribuindo para o desenvolvimento regional. Dentre outros fatores, essas regiões apresentam topografia e clima favoráveis para o desenvolvimento de atividades pecuárias. Entretanto, o nível de adoção de novas tecnologias é deficiente, com reflexo negativo sobre a produtividade.

Diversos estudos envolvendo a cana-de-açúcar são desenvolvidos através de parcerias entre usinas sucroalcooleiras e instituições de pesquisa visando o desenvolvimento de novas variedades, métodos de controle de pragas e doenças, programas de irrigação e adubação etc. Porém, estes estudos têm focado apenas os aspectos agronômicos, fitotécnicos e químicos de interesse das indústrias produtoras de açúcar e álcool.

Sendo a cana-de-açúcar a principal forrageira utilizada na suplementação alimentar dos rebanhos bovinos de corte e leiteiro e por criadores de ovinos das regiões norte e noroeste fluminenses, avaliações com ênfase na alimentação e nutrição de ruminantes surgem como peças fundamentais, complementando os demais aspectos avaliados.

O rebanho bovino regional, assim como na maioria das regiões de clima tropical, é alimentado à base de pasto, sujeito a restrições nutricionais, qualitativas e quantitativas, na época crítica do ano (estação seca).

No intuito de evitar prejuízos na atividade, uma parcela dos produtores busca alternativas para a suplementação alimentar dos rebanhos. Desta forma, a cana-de-açúcar torna-se a primeira opção dos produtores para este fim, por apresentar vantagens como elevada produção de material forrageiro por unidade de área e valor nutritivo máximo coincidente com o período de escassez de forragem.

Diversas variedades de cana-de-açúcar são cultivadas nas propriedades da região, em função da disponibilidade de mudas, fertilidade do solo, produtividade etc. Por outro lado, novas variedades têm sido introduzidas e os resultados obtidos demonstram que as mesmas podem ser consideradas promissoras.

O valor nutritivo de uma planta forrageira é avaliado por meio de um conjunto de características que lhe conferem a classificação como sendo de alta, média ou baixa qualidade. Os requisitos que resumem o termo valor nutritivo são a composição química, a digestibilidade e o consumo voluntário. A avaliação conjunta destas informações permite a asserção da real contribuição à nutrição e alimentação animal.

Avaliações mais detalhadas têm sido utilizadas para caracterizar os alimentos e suas diferentes frações. Entretanto, devido à cana-de-açúcar apresentar em maiores proporções os açúcares e a fração fibrosa, sendo esta última considerada de baixa qualidade, a demanda por estudos inerentes a sua degradabilidade ruminal e taxa de passagem de partículas pelo TGI se tornam essenciais ao planejamento e elaboração de dietas totais para ruminantes que tenham como volumoso exclusivo, ou parte do mesmo, a cana-de-açúcar.

O consumo animal está relacionado a diversos fatores inerentes à dieta, como teor de fibra, energia, proteína e minerais, bem como ao animal, como o sexo, a idade, o estado fisiológico e o manejo adotado.

A avaliação do consumo voluntário de uma determinada forrageira é de suma importância no planejamento de uma propriedade rural, onde o mesmo fornecerá parâmetros que de acordo com o desempenho da forrageira, na região a que se destina o cultivo, o produtor tenha idéia de qual área deverá ser plantada para suprir a demanda alimentar do seu rebanho por um dado período.

As vantagens apresentadas pela cana-de-açúcar como recurso forrageiro a ser utilizado na forma “*in natura*” são inúmeras. Por outro lado, essa forma de utilização através de cortes diários exige manutenção de mão-de-obra específica, promove desuniformidade do talhão em função da diferença de idade das plantas quando da rebrota e o movimento de funcionários dentro do canavial para o corte e o de carroças puxadas por animais ou mesmo por tratores para retirada do material cortado, promovendo o pisoteio das soqueiras reduz a vida útil do canavial, trazendo prejuízos futuros ao produtor no tocante à reforma do mesmo.

Apesar de a cana-de-açúcar apresentar baixos riscos agrônômicos quando comparada à cultura do milho, por este possuir maior exigência quanto à distribuição de chuvas e à fertilidade do solo, a cana está sujeita ao “fogo acidental”, cuja ocorrência exige utilização imediata do canavial, o que inviabiliza sua manutenção para utilização no período de escassez de forragem.

Em função da ocorrência de geada e/ou incêndio do canavial, a prática da ensilagem apresenta-se como alternativa para utilização dos mesmos em curto intervalo de tempo, pois permite, por meio da utilização de máquinas, o corte de grandes áreas e o aproveitamento do material forrageiro. Como toda técnica de conservação de forragens, a ensilagem precisa de cuidados antes, durante e após o processo, independentemente da forrageira que se pretende ensilar e muitas das vezes se faz necessária à utilização de aditivos para melhorar a eficiência do processo, visando melhor qualidade do material na hora de ser fornecido aos animais.

A utilização de aditivos químicos e/ou microbianos, isolada ou de forma associada, é prática essencial no processo de ensilagem da cana-de-açúcar devido principalmente à ocorrência e elevada proliferação de leveduras que causam perdas e comprometem a qualidade da silagem obtida. Muitos trabalhos têm sido conduzidos a fim de testar a eficiência de diferentes compostos químicos, agentes microbianos e materiais absorventes, como feno, poupa cítrica, restos de cultura, bem como de suas associações no controle das perdas na ensilagem da cana-de-açúcar.

Não obstante, além do objetivo principal de redução das perdas promovidas pela fermentação alcoólica que converte os carboidratos a etanol e CO₂, os efeitos sobre os constituintes da parede celular vegetal da cana-de-açúcar têm sido evidenciados quando da utilização de substâncias alcalinas como aditivos.

O tipo de fermentação ocorrida durante o período de armazenamento da forragem condiciona o valor nutritivo da silagem a ser fornecida como alimento ao rebanho a que se destina. Contudo, objetiva-se que esta seja predominantemente láctea, ou seja, que dentre os ácidos orgânicos presentes na silagem mais teores de ácido láctico sejam evidenciados em detrimento aos ácidos acético, propiônico e butírico. Por outro lado, ácidos orgânicos como o ácido acético mostram-se eficazes em inibir a proliferação de leveduras, reduzindo com isso a produção de etanol das silagens de cana-de-açúcar. Desta forma, para ensilagem da cana-de-açúcar, o uso de inoculantes microbianos promotores de uma fermentação heteroláctea, que produzam além do ácido láctico, o acético, apresenta-se como alternativa para manutenção e/ou melhoria do valor nutritivo da cana ensilada.

Objetivou-se, no presente trabalho: avaliar nutricionalmente variedades de cana-de-açúcar cultivadas no norte e noroeste fluminenses através da composição química e degradabilidade *in situ*; determinar o consumo, a taxa de passagem e a digestibilidade de variedades de cana-de-açúcar em bovinos; os efeitos da utilização de aditivos químicos, microbianos e de suas associações no controle das perdas e na composição química da silagem de cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Variedades de cana-de-açúcar

Atualmente, o plantio da cana-de-açúcar baseia-se quase que exclusivamente na utilização de variedades, que são híbridos (clones) complexos das espécies do gênero *Saccharum*. A cana atual apresenta um número de cromossomos $2n=100$ a 135, sendo que mais de 80 deles são provenientes da espécie *Saccharum officinarum* e o restante da espécie *Saccharum spontaneum*.

A escolha e o cultivo de uma planta forrageira destinada à ocupação de glebas de áreas agrícolas, com a finalidade específica de alimentar ou suplementar a alimentação de rebanhos ovinos, caprinos, bovinos etc, deve estar fundamentada em características quantitativas e qualitativas que proporcionem melhor relação benefício : custo na atividade.

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal obedece aos mesmos pré-requisitos, ou seja, não se justifica escolher uma variedade que comparativamente a outras apresente alto teor de açúcar, baixo teor de fibra, alta digestibilidade e taxa de passagem de partículas pelo trato gastrintestinal (TGI) do animal, se a mesma não conciliar a estas características alta produtividade por unidade de área.

Nutricionalmente, a cana-de-açúcar apresenta, em maiores proporções, açúcares que correspondem aos carboidratos solúveis (CS) de rápida digestão e disponibilização para os microrganismos ruminais e os constituintes de parede celular (FDN) que correspondem aos carboidratos estruturais considerados de baixa qualidade e são degradados lentamente ocupando espaço no TGI, limitando o consumo e comprometendo o desempenho animal.

O binômio quantidade e qualidade na cultura da cana-de-açúcar, independentemente da atividade a que se destina, não pode ser dissociado, porém as principais características de uma variedade para justificar seu cultivo são: elevada produção de matéria natural (PMN) por área medida em toneladas por hectare (TCH) e alto teor de sacarose (%POL) ou alta produção de açúcar em tonelada de açúcar e/ou POL por hectare (TAH/TPH). Desta forma, a melhor variedade para indústria sucroalcooleira reúne, como premissa, muitos dos requisitos que devem ser apresentados por uma variedade a ser utilizada na alimentação animal.

2.2. Produção de matéria natural (PMN), de açúcar e teor de sacarose (POL)

O desempenho de uma espécie forrageira é de suma importância para a atividade pecuária, uma vez que estará diretamente relacionada com o custo de produção. Para a cana-de-açúcar o mesmo comportamento é esperado, portanto para avaliar a viabilidade econômica de cultivar uma variedade de cana, se faz necessário observar, dentre outros aspectos: resistência a pragas e doenças, ausência de florescimento, resistência ao tombamento; o desempenho agrônomico determinado pela produção de matéria natural e açúcar por hectare, bem como o teor de sacarose.

A produção de matéria natural (PMN) na cana-de-açúcar por unidade de área cultivada é função da interação entre a variedade escolhida e das condições edafoclimáticas ocorrentes no ambiente de cultivo. Entretanto, o desempenho produtivo médio de variedades de cana-de-açúcar cultivada em diferentes condições edafoclimáticas, recebendo tratos culturais distintos, tem apresentado valores médios de 100 a 115 ton/ha (CAMPANA et al., 1996; LANDELL et al., 1999; SILVA et al., 1999; DINARDO-MIRANDA et al., 2002; DINARDO-MIRANDA et al., 2004; SANTOS et al., 2004; TEIXEIRA, 2004; FERREIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2007; ABREU et al., 2007).

O teor de sacarose, característica específica de cada variedade, comumente representado pelo teor de POL na cana-de-açúcar, da mesma forma que a produtividade, dependerá das condições gerais de cultivo. Por outro lado, associado a estes fatores está a época ou estação do ano em que o mesmo é determinado em função da diluição dos carboidratos solúveis, os açúcares, na época das chuvas. Desta forma, espera-se que o teor de POL de uma variedade seja maior na estação seca em detrimento a chuvosa.

O plantio e colheita da cana-de-açúcar são estrategicamente planejados a fim de que se obtenham os melhores índices quantitativos e qualitativos por unidade de área. Neste sentido, o teor de sacarose verificado na literatura para diferentes variedades de cana-de-açúcar, locais de cultivo e tratos culturais dispensados podem ser considerados próximos ou com pequena diferença de 12 a 17% (CAMPANA et al., 1996; LANDELL et al., 1999; SILVA et al., 1999; DINARDO-MIRANDA et al., 2002; DINARDO-MIRANDA et al., 2004; TEIXEIRA, 2004; FERREIRA et al., 2005).

A produção de açúcar em tonelada de POL por hectare (TPH) é função do resultado multiplicativo entre o teor de POL de uma variedade por sua produção de matéria natural, o que representa para a indústria sucroalcooleira o rendimento da cultura em determinada safra.

Em função da maior uniformidade entre as variedades de cana-de-açúcar para o teor de POL numa mesma época de corte, a variável TPH é principalmente influenciada pela PMN apresentada pela variedade no momento do corte. Os rendimentos observados na literatura apresentam ligeira variação entre estudos, porém os valores médios encontram-se entre 13-15t/ha (CAMPANA et al., 1996; LANDELL et al., 1999; SILVA et al., 1999; RAIZER & VENCOVSKY, 1999; DINARDO-MIRANDA et al., 2002; DINARDO-MIRANDA et al., 2004; SANTOS et al., 2004; FERREIRA et al., 2005).

2.3. Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca

As informações inerentes à composição bromatológica dos alimentos é de fundamental importância no tocante à elaboração de dietas e/ou formulação de rações. O conteúdo de parede celular vegetal considerado para fins da alimentação e nutrição animal como teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) está diretamente relacionado com o consumo de alimentos pelos animais em sistema de pastejo ou regime de confinamento (MERTENS, 1987).

A constituição da cana-de-açúcar varia de forma contrária da observada para a maioria das gramíneas forrageiras tropicais, ou seja, com o avançar do estágio vegetativo os constituintes da parede celular vegetal decrescem em detrimento do aumento do conteúdo celular, como verificado por Azevedo et al. (2003) e Fernandes et al. (2003). Neste sentido, os valores observados na literatura para o teor de FDN situam-se entre 42,8 a 58,5% (RODRIGUES et al., 1997; PEREIRA et al., 2000; RODRIGUES et al., 2001; FERNANDES et al., 2003; AZEVEDO et al., 2003; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; FREITAS et al., 2006a; MAGALHÃES et al., 2006; FERNANDES et al., 2007).

O conteúdo de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) proporcionalmente com menor percentagem de substâncias insolúveis mais potencialmente degradáveis do que o teor de FDN verificado na literatura varia de 21,1 a 35,9% (FERNANDES et al., 2003; AZEVEDO et al., 2003; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; FREITAS et al., 2006a; MAGALHÃES et al., 2006).

A fração dos constituintes da parede celular vegetal das plantas forrageiras correspondente a hemicelulose, com o avançar da idade da planta, apesar de potencialmente degradável, torna-se de difícil acesso aos microrganismos pela incrustação pela lignina. Os

valores verificados para o teor de hemicelulose variaram de 11,1 a 25,4% (AZEVEDO et al., 2003; ANDRADE et al., 2004; FREITAS et al., 2006a).

A lignina presente na parede celular vegetal é responsável pela formação do complexo lignocelulósico, formando uma barreira física, dificultando o ataque e o acesso dos microrganismos ruminais ao conteúdo celular, bem como a celulose e hemicelulose, componentes da parede celular vegetal, considerados insolúveis mais potencialmente degradáveis, o que torna esta fração um indicador potencial da digestibilidade de uma planta forrageira (PIAGGIO et al., 1991).

Os teores de lignina observados nos diferentes estudos variaram de 4,1 a 17,1% (PEREIRA et al., 2000; FERNANDES et al., 2003; AZEVEDO et al., 2003; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; FREITAS et al., 2006a; MAGALHÃES et al., 2006), o que indica maior variação em função da amplitude dos valores observados.

A proporção de minerais essenciais nas cinzas da cana-de-açúcar é extremamente baixa, principalmente cálcio e fósforo (BOIN, 1987). O único mineral de importância nutricional presente na cana é o potássio. Por outro lado, as cinzas da cana-de-açúcar contém alto teor de sílica (BARNES et al., 1974), sem importância nutricional. Deste modo, é pouco provável que variações na composição ou teor de cinzas na planta sejam determinantes da qualidade nutritiva de variedades de cana-de-açúcar. Os teores de cinza ou matéria mineral (MM) observados na literatura variaram de 2,0 a 5,3% (PEREIRA et al., 2000; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2006).

A cana-de-açúcar pode ser considerada como planta forrageira pobre em compostos nitrogenados que conferem o teor de proteína bruta do vegetal. Em função da sua pequena magnitude, faz-se necessário a correção do teor de proteína com uma fonte de nitrogênio para servir de aporte aos microrganismos ruminais na síntese proteína microbiana. A fonte de nitrogênio não proteico comumente utilizado é a uréia, que contém em média 45% de nitrogênio. Os valores detectados para o teor de proteína bruta (PB) na cana-de-açúcar variaram de 1,4 a 5,2% (RODRIGUES et al., 1997; PEREIRA et al., 2000; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2006; FERNANDES et al., 2007).

O teor de matéria seca (MS) de um alimento é quantificado como o total do alimento descontado da água contida no mesmo originalmente. Desta forma, na matéria seca do alimento estão presentes os componentes que em conjunto caracterizam o valor nutricional do mesmo. Com a cana-de-açúcar o procedimento é o mesmo, a fim de se quantificar o teor de MS. As principais variações obtidas na determinação de matéria seca, principalmente da cana-de-açúcar, residem sobre a época de corte, estágio vegetativo da cultura e a despalha manual

no corte executada a campo. Deste modo, os teores de MS na cana-de-açúcar observados na literatura situaram-se de 20,8 a 34,6% (FERNANDES et al., 2003; AZEVEDO et al., 2003; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; FREITAS et al., 2006a; MAGALHÃES et al., 2006; FERNANDES et al., 2007).

O método de determinação da digestibilidade ruminal *in vivo* ou *in situ* requer a utilização de animais em regime específico de alimentação, preferencialmente confinados de forma a se ter maior controle sobre o material e as condições experimentais para digestibilidade *in vivo*, o que onera os custos das pesquisas. Para avaliar a digestibilidade *in situ*, necessário se faz o uso de animais fistulados no rúmen, o que ultimamente tem se tornado um entrave às pesquisas em nutrição de ruminantes devido a protestos e manifestações por parte das organizações de proteção aos animais, sem contar com os custos de manutenção destes animais, o que por vezes inviabiliza tal prática. Neste sentido, a determinação da digestibilidade pelo método *in vitro* da matéria seca (DIVMS) possibilita estimar a disponibilidade de cada nutriente a ser metabolizado no trato gastrointestinal (TGI) dos ruminantes como menor custo.

A digestibilidade da cana-de-açúcar pode ser considerada de valor intermediário, da ordem de 54 a 65% da MS (BOIN & TEDESCHI, 1993). Da mesma forma, como citado pelos referidos autores, os valores observados para esta variável na literatura encontram-se nesta faixa de variação (RODRIGUES et al., 1997; RODRIGUES et al., 2001).

2.4. Cinética de degradação *in situ*

A avaliação da degradabilidade ruminal de um determinado alimento pelo método *in situ* permite a interação do mesmo com o ambiente ruminal e, apesar de não ocorrerem às etapas de mastigação, ruminação e passagem, apresenta-se como situação ideal para simulação do ambiente ruminal (VAN SOEST, 1994).

A técnica *in situ* é baseada na utilização de animais fistulados no rúmen, onde para avaliação do alimento teste é utilizado um conjunto composto por um pedaço de corda em uma das extremidades amarrado a uma corrente, onde são presos os sacos contendo uma amostra conhecida e representativa do mesmo, e na outra extremidade um peso para manter o conjunto em sentido vertical em contato com as distintas fases do compartimento ruminal.

As variações observadas nos resultados dos parâmetros de cinética de degradação estimados pela técnica *in situ* nos diferentes trabalhos onde foi utilizada a referida técnica podem ser explicadas por diversos fatores inerentes à técnica, como: tipo de tecido (nylon ou poliéster), abertura da malha do tecido, tamanho de partícula, comprimento da corda, peso utilizado e a quantidade de amostra. Da mesma forma, fatores relacionados ao animal podem influenciar os resultados, como: espécie, porte e o estado fisiológico. A dieta alimentar pode influenciar os resultados quando a mesma não for ou representar o alimento teste (NOCEK, 1988; HUNTINGTON & GIVENS, 1995).

Os pontos principais, além dos já citados, para obtenção de sucesso quando da utilização da técnica *in situ* são: o preparo das amostras antes da incubação ruminal, principalmente para alimentos com baixo teor de matéria seca, e o processamento pós-incubação dos sacos contendo os resíduos das amostras (HUNTINGTON & GIVENS, 1995).

O conhecimento dos parâmetros relacionados com a cinética de degradação do alimento em estudo, a cana-de-açúcar, é de fundamental importância para que se possa saber qual a porção do alimento é potencialmente digestível ou “fração B”, a porção indigestível ou “fração I” e a taxa de degradação dos componentes potencialmente degradáveis ou “ k_d ”.

Pereira et al. (2000) estudaram a cinética de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar e observaram valores de 41,27% para fração potencialmente degradável dos carboidratos (B2), 22,74% para a fração indegradável (C) e taxa de degradação da fração B2 de 3,41%/h. Neste sentido, Carmo et al. (2001) avaliaram a taxa de degradação da FDN da cana-de-açúcar e verificaram valor de 0,0330 h⁻¹.

Fernandes et al. (2003) estudaram a cinética de degradação *in situ* de variedades de cana-de-açúcar e observaram para a fração potencialmente degradável (B) valores de 42,66; 42,54 e 39,80%; para fração indegradável (I) de 57,34; 57,46 e 60,20%; e para taxa de degradação da FDN (k_d FDN) de 0,0032; 0,0214 e 0,0286%/h, para as idades de corte de 426, 487 e 549 dias, respectivamente.

Azevedo et al. (2003) avaliaram a cinética de degradação *in vitro* de três variedades de cana-de-açúcar e observaram valores para a fração B de 27,3 a 34,4%; para fração I 54,5 a 61,2% e para taxa de degradação da FDN (k_d FDN) valores de 4,0 a 4,2%/h.

Freitas et al. (2006a) observaram para os parâmetros de degradabilidade *in vitro* de 13 variedades de cana-de-açúcar, valores de 56,87 a 65,23% para fração B; de 34,77 a 43,13% para fração I e de 0,0101 a 0,0173%/h para taxa de degradação da FDN.

2.5. Métodos de avaliação da divergência genética

Na predição da divergência genética, vários métodos multivariados podem ser aplicados. Dentre eles, citam-se a análise por componentes principais, por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. A escolha do método mais adequado tem sido determinada pela precisão desejada pelo pesquisador, pela facilidade da análise e pela forma como os dados foram obtidos (CRUZ et al., 2004).

Os métodos aglomerativos diferem dos demais em razão de dependerem fundamentalmente de medidas de dissimilaridade estimadas previamente, como a distância Euclidiana ou a generalizada de Mahalanobis, entre outras. Já no método dos componentes principais, e também na da análise canônica, o objetivo é avaliar a similaridade dos progenitores por intermédio de uma dispersão gráfica, em que se consideram, em geral, dois eixos cartesianos (CRUZ et al., 2004).

A análise de agrupamento tem por finalidade reunir, por algum critério de classificação, os progenitores (ou qualquer outro tipo de unidade amostral) em vários grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos. O processo de agrupamento envolve basicamente duas etapas. A primeira relaciona-se com a estimação de uma medida de similaridade (ou dissimilaridade) entre os progenitores e a segunda, com a adoção de uma técnica de agrupamento para a formação dos grupos (CRUZ et al., 2004).

A técnica de componentes principais foi originalmente descrita por Pearson (1901), apud CRUZ et al. (2004), e posteriormente aplicada por Hotelling (1933, 1936), apud CRUZ et al. (2004), em diversas áreas da ciência. A análise por componentes principais consiste em transformar um conjunto original de variáveis (por exemplo, altura, produção, etc) em outro conjunto de dimensão equivalente, mas com propriedades importantes, que são de grande interesse em certos estudos de melhoramento. Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais. Além disso, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo da informação, em termos de variação total, contida nos dados iniciais (CRUZ et al., 2004).

A viabilidade de utilização dos componentes principais em estudos sobre divergência genética dependerá da possibilidade de resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes, o que significará ter uma boa aproximação do comportamento dos indivíduos (progenitores), oriundo de um espaço n-dimensional (n = número de caracteres estudados) em um espaço bi ou tridimensional. Quando este requisito for satisfeito, a referida técnica

proporcionará uma simplificação considerável nos cálculos estatísticos e na interpretação dos resultados com relação aos demais métodos alternativos, principalmente quando o número de progenitores avaliados for relativamente grande (CRUZ et al., 2004).

Em geral, os primeiros componentes principais em estudos da divergência genética têm sido utilizados quando esses envolvem pelo menos 80% da variação total. Nos casos em que este limite não é atingido nos dois primeiros componentes, a análise é complementada com a dispersão gráfica em relação ao terceiro e quarto componentes (CRUZ et al., 2004).

Além de possibilitar o estudo da diversidade genética de um grupo de progenitores, a técnica dos componentes principais tem a vantagem de possibilitar a avaliação da importância de cada caráter estudado sobre a variação total disponível entre os genótipos avaliados. O interesse nesta avaliação reside na possibilidade de se descartarem caracteres que contribuem pouco para a discriminação do material avaliado, reduzindo, desta forma, mão-de-obra, tempo e custo despendidos na experimentação agrícola (CRUZ et al., 2004).

2.6. Multicolinearidade

A multicolinearidade ocorre quando as observações amostrais das variáveis explicativas, ou suas combinações lineares, são correlacionadas (MATSUO, 1986; FERRARI, 1989). Além disso, as estimativas dos parâmetros podem assumir valores absurdos ou sem nenhuma coerência com o fenômeno biológico estudado. Shrivastava & Sharma (1976), por exemplo, encontraram efeito direto negativo na produtividade de arroz com relação aos caracteres número de perfilhos, número de grãos, peso de grãos e comprimento da panícula.

Para contornar os efeitos adversos da multicolinearidade, pode-se realizar a eliminação de variáveis. Shrivastava & Sharma (1976), em seu estudo, verificaram que eliminando-se o comprimento da panícula da análise, todas as outras contribuíram positivamente. Os autores propõem, portanto, que se faça uma seleção cuidadosa das variáveis para o estudo e que se tenha cautela no uso dessa técnica.

2.7. Alimentação e desempenho animal

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L) é utilizada há muito tempo como cultura forrageira pelos pecuaristas no Brasil. Levantamentos realizados na década de 50 relataram que 75% dos estabelecimentos produtores de leite utilizavam esta forrageira na alimentação dos rebanhos. Recentemente, a cana-de-açúcar vem assumindo papel fundamental nos confinamentos para terminação de bovinos de corte, pois apresenta uma série de características desejáveis, como: grande 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 e época de colheita coincidente com o período de escassez de forragens nas pastagens (SILVA, 1993).

Entre as diversas vantagens da utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal, ressalta-se o fato de ser esta espécie forrageira de maior potencial de produção de MS e energia, por unidade de área, em único corte, atingindo produções entre 15 a 20 toneladas (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 & MATTOS, 1993).

A cana-de-açúcar é um alimento que apresenta dois componentes em maiores proporções em detrimento aos demais, são eles: açúcar e fração fibrosa (FDN) (RODRIGUES et al., 1999). Segundo Preston & Leng (1980), esta forrageira tem a peculiaridade de apresentar a utilização destes componentes em maiores proporções de modos bem diferenciados pelos microrganismos ruminais, ou seja, enquanto o açúcar é rapidamente fermentado no rúmen e de fácil aproveitamento pelo animal, o conteúdo de FDN é utilizado lentamente.

Segundo Gooding (1982), variedades com menor teor de FDN e lignina permitirão maior consumo de açúcar do que variedades que possuam conteúdo de açúcar igual, ou mesmo com conteúdo de açúcar um pouco maior, porém com maior teor de fibra. Então, segundo este autor, no tocante a utilização da cana-de-açúcar para bovinos, é importante observar que a variedade com menor relação fibra : açúcar é mais adequada para alimentação animal e que a diferença nutricional entre as variedades pode ser elevada.

O consumo de alimentos é um aspecto fundamental em nutrição animal, uma vez que estabelece a ingestão de nutrientes e, portanto, determina as respostas do animal, estando bastante relacionado com o conteúdo de fibra (FDN), ou seja, um animal alimentado à vontade só consegue ingerir quantidade limitada de cana-de-açúcar e, quanto maior o teor de

fibra da cana-de-açúcar e menor a digestibilidade desta fração, menor será o consumo deste volumoso. Como a taxa de digestão da fibra da cana-de-açúcar no rúmen é baixa, o acúmulo de fibra não degradada no rúmen, limitaria o consumo.

A baixa digestibilidade dos componentes da fração fibrosa da cana-de-açúcar em líquido ruminal foi relatada por Rodrigues et al. (1992), embora o pH (potencial hidrogeniônico) do referido líquido ruminal fosse adequado para a digestão da fibra.

Em relação à cinética de degradação “*in vitro*” da FDN da cana-de-açúcar e em seu efeito ruminal repressivo, Pereira et al. (2001) observaram que esse volumoso é de consumo limitado, devido à elevada fração indigerível com taxa de degradação de $0,0341 \text{ h}^{-1}$.

Tradicionalmente, esta cultura permaneceu estigmatizada como forragem de baixa qualidade, sendo indicada apenas para animais de menor desempenho, decorrente do desequilíbrio de nutrientes, como baixos teores de proteínas e minerais. Por outro lado, a competência adquirida na formulação de rações contendo cana-de-açúcar, a adoção de práticas de manejo e o lançamento de variedades mais apropriadas à alimentação animal demonstram possibilidade de bons desempenhos, sob menor custo (NUSSIO et al., 2005).

No tocante à alimentação de ruminantes, a cana-de-açúcar quando utilizada como alimento exclusivo apresenta limitações do ponto de vista nutricional, devido ao desequilíbrio de nutrientes, apresentando teores muito baixos de proteína bruta e da maioria dos minerais, principalmente fósforo. A ingestão voluntária de matéria seca e a utilização da energia digerida da cana-de-açúcar são muito baixas, apesar de a digestibilidade ser considerada de valor intermediário, da ordem de 54 a 65% da MS (BOIN & TEDESCHI, 1993).

O desempenho dos animais pode ser satisfatório quando alimentados com cana-de-açúcar corrigida quanto aos teores de proteína e minerais. A adição de 0,5 a 1,0% da mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) à forragem, juntamente com o fornecimento suplementar de farelos, como fonte de proteína e carboidratos de menor solubilidade, tornou-se uma técnica bastante difundida e permite a obtenção de resultados satisfatórios de consumo e ganho de peso (TORRES & COSTA, 2001).

Hernandez (1998) obteve taxas de ganho de peso variando entre 1,53 e 1,81 kg/dia, para bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar como volumoso único (48% da MS), suplementados com misturas concentradas compostas por milho, farelo de soja, uréia e minerais, sendo que as rações apresentaram digestibilidade da matéria orgânica entre 67,3 e 72,2%. Por outro lado, Rodrigues et al. (2002) obtiveram taxas de ganho de peso entre 0,89 e 0,65 kg/dia, para novilhas da raça Canchim alimentadas com cana-de-açúcar suplementada com 1,3 kg/cabeça/dia de concentrado.

Pedroso et al. (2006) relataram que o desempenho das novilhas alimentadas com ração contendo silagem de cana sem aditivos foi inferior ao desempenho frequentemente observado para bovinos recebendo dietas contendo cana-de-açúcar fresca como volumoso exclusivo em proporções semelhantes. Ainda, Pedroso et al. (2006) descreveram que os animais alimentados com ração contendo silagem de cana-de-açúcar inoculada com *Lactobacillus buchneri* apresentaram tendência de consumo 9% maior, ganho de peso médio diário 31,9% maior e melhor conversão alimentar em relação aos alimentados com a ração controle que continha silagem sem aditivo.

2.8. Dinâmica ruminal de partículas

A taxa de passagem no rúmen e o fluxo de digesta pelo trato gastrointestinal são atributos da interação animal \times dieta, que, no caso de forrageiras tropicais, apresenta baixos valores, em virtude principalmente do alto teor de fibras de baixa degradabilidade, provocando o efeito de repleção ruminal (ELLIS et al., 1994).

O tempo médio de retenção ruminal (TMR) representa o tempo médio em que o alimento permanece no rúmen sofrendo a ação dos microrganismos e das ações físicas, sendo uma variável inversamente correlacionada à taxa de passagem no rúmen (GROVUM & WILLIAMS, 1973; PRESTON, 1982), além de ser dependente do limite físico do animal (JUNG & ALLEN, 1995).

A duração do processamento da dieta está diretamente relacionada com a quantidade de partículas grandes quando da ingestão de forragem pelo animal, entretanto, a eficiência para reduzir o tamanho da partícula e a resistência ao processo de fragmentação é determinada pela propriedade química e pela estrutura anatômica e tridimensional das partículas vegetais. Estes fatores afetam a passagem da digesta pelo rúmen-retículo (RR), o que pode restringir a ingestão voluntária de alimento pelo animal (KENNEDY, 2005).

O movimento das partículas no rúmen é consequência de suas características como forma, tamanho, densidade e viscosidade. Partículas pesadas tendem a depositar-se na região ventral do rúmen e partículas leves com maior fluatibilidade permanecem na região dorsal do rúmen e constituem uma “malha filtrante” neste compartimento denominada *raft* (THIAGO & GILL, 1990).

A análise e interpretação da dinâmica ruminal de partículas nas fases líquida e sólida da digesta por meio da técnica de marcadores externos como o cobalto (Co) e o cromo (Cr) demanda a observância de uma série de fatores inerentes à partícula alimentar, como: tamanho, densidade, gravidade específica, estrutura anatômica tridimensional, flutuabilidade etc (POND et al., 1988). Neste sentido, modelos matemáticos são utilizados para interpretação e descrição de fenômenos biológicos nas diversas áreas de estudo.

A introdução de elementos estocásticos ou o uso de modelos estocásticos que possibilitem a representação de atributos da digesta por uma função densidade de probabilidade resulta, em geral, melhor interpretação dos perfis de excreção dos indicadores, com aumento na precisão e acurácia dos resultados (MATIS & WEHRLY, 1979; MATIS & TOLLEY, 1980; MATIS, 1987).

Partindo-se da premissa que os erros inerentes ao modelo sofrem incrementos ao passo que aumenta a complexidade do mesmo, a busca por modelos matemáticos que descrevam o fenômeno biológico da dinâmica ruminal de partículas com maior aderência, ou seja, a proximidade entre o resultado predito e o observado é o que caracteriza se o modelo é adequado para a interpretação matemática da situação. Neste sentido, o uso de modelos não lineares do tipo $G_N G_1$ (ELLIS et al., 1994) permite representar a matéria fibrosa do rúmen em termos de estratificação e do fluxo de partículas como sendo uma estrutura de dois compartimentos. Neste caso, a transferência de partículas do primeiro para o segundo compartimento segue uma distribuição gama com valores atribuídos a N (inteiro positivo) e tem apresentado suficiência na estimação dos parâmetros (taxa de passagem) por meio da minimização da soma de quadrados dos resíduos. Ainda com relação a este modelo, o escape de partículas do rúmen-retículo é representado pelo fluxo de saída do segundo compartimento, ao qual é associada uma função densidade de probabilidade exponencial (POND et al., 1988).

2.9. Silagem de cana-de-açúcar

A capacidade da cana-de-açúcar em manter seu valor nutritivo durante um longo período de tempo, sendo este período coincidente com a época de baixa disponibilidade de forragem nos pastos, ou período de seca, permite que em pequenas propriedades a cana seja colhida diariamente e fornecida fresca aos animais, em um sistema que, apesar de exigir disciplina diária, garante a utilização de forragem de qualidade adequada aos animais. No

entanto, nos confinamentos industriais de gado de corte e nas grandes fazendas produtoras de leite, a colheita diária da cana-de-açúcar dificulta os tratamentos culturais nas áreas de cultivo e a reforma dos canaviais que terão sempre plantas em diversos estágios de desenvolvimento.

Por estes motivos, tem sido grande a demanda por informações sobre a ensilagem da cana-de-açúcar, técnica que permite que grandes áreas sejam cortadas em curto espaço de tempo, na época em que a cana apresenta seu melhor valor nutritivo e que é a estação do ano mais propícia à movimentação de máquinas no campo. Nos casos de incêndio acidental dos canaviais, e na ocorrência de geadas, a ensilagem da cana pode ser ainda a única forma de evitar a perda total do material forrageiro.

O uso da cana-de-açúcar *in natura*, através de cortes diários, é tradicional e de conhecimento dos produtores. Todavia, esta prática demanda mão-de-obra diária para corte, despalhamento, desintegração e transporte, impondo limitações logísticas/operacionais quando se pretende suplementar a dieta de rebanhos de maior porte (NUSSIO et al., 2003). Além disso, quando a cana-de-açúcar é utilizada como suplemento forrageiro volumoso durante todo o ano, ocorre queda no teor de sacarose e, conseqüentemente, perda de valor nutritivo (MATSUOKA & HOFFMANN, 1993).

A ensilagem é baseada na fermentação natural da forragem, na qual as bactérias convertem o açúcar solúvel em ácidos orgânicos: láctico, acético, propiônico e butírico. Por outro lado, a cana também pode ser indicada para ensilagem, pois apresenta os principais pré-requisitos como: teor de matéria seca em torno de 25-30% (ideal 35%) e o poder tampão reduzido, o que permite a queda do pH para níveis próximos a 3,5 (ideal 3,8-4,2).

A todo processo de conservação inferem-se perdas as quais podem ser evitadas quando no caso em questão, o processo de ensilagem seja conduzido de forma criteriosa observando-se com atenção a execução das etapas que o compreendem. No caso específico da cana-de-açúcar, sua vantagem está na abundância em energia que servirá de substrato para os microrganismos durante o processo.

O elevado teor de açúcar presente na cana aparece como inconveniente quando o assunto é a produção de silagem exclusivamente com cana-de-açúcar, em função da ocorrência e rápida proliferação de leveduras e conseqüente produção de etanol e gás carbônico através da fermentação alcoólica, o que confere perdas que podem inviabilizar o uso da técnica para tal forrageira. Segundo McDonald et al. (1991), apesar de o etanol produzido nas silagens de cana-de-açúcar ser potencialmente utilizado como substrato energético, o mesmo é rapidamente volatilizado no silo e cocho, gerando perdas de até 48% de matéria seca.

3. Composição bromatológica da silagem de cana-de-açúcar

A variação existente entre a composição química da cana *in natura* e de sua silagem se torna evidente uma vez que a todo processo de conservação inferem-se perdas. Desta forma, espera-se que o melhor valor nutritivo seja observado na cana *in natura* em detrimento a sua silagem. Por outro lado, o uso de aditivos químicos, microbianos, utilizados de forma isolada ou associados tem demonstrado eficácia no controle das perdas inerentes ao processo.

A classificação dos aditivos utilizados no processo de ensilagem (MCDONALD et al., 1991) permite ao técnico predizer a resposta quando da sua utilização. Os resíduos de culturas agrícolas, fenos e palhadas podem ser recomendados como aditivos para ensilagem de forragens e/ou materiais com baixo teor de matéria seca.

Para a composição química da silagem de cana-de-açúcar sem aditivo e aditivada com *Lactobacillus buchneri* (*buch*) na dose de 5×10^4 ufc/g de MV, óxido de cálcio (CaO) nas doses de 1,0 e 1,5% na base da matéria natural, Santos et al. (2008) observaram valores de 67,10; 65,12; 52,56; e 54,83% para teor de FDN, de 43,78; 42,25; 35,40; e 35,07% para teor de FDA, de 23,32; 22,88; 17,16; e 19,76% para teor de hemicelulose, de 48,74; 49,06; 70,45; e 74,21 para a DIVMS, e de 1,75; 2,13; 6,09; e 7,29% de MM, respectivamente.

O resultado da composição química da silagem de cana-de-açúcar sem aditivo, aditivada com NaOH (1, 2, e 3%) e com *Lactobacillus buchneri* (364.000ufc/g MN) na base da matéria natural, observado por Pedroso et al. (2007) foi de 25,4; 27,5; 27,3; 29,2; e 26,5 % para teor de MS, de 64,5; 55,4; 47,3; 44,8; e 60,6% para teor de FDN, de 44,3; 40,8; 36,7; 36,4; e 41,0% para teor de FDA, de 7,86; 7,04; 5,94; 5,91; e 7,38% para teor de lignina, de 45,4; 54,8; 65,4; 67,3; e 48,0% para DIVMS, e de 6,97; 9,12; 11,0; 11,2; e 5,91% para teor de MM, respectivamente.

Em avaliação da composição química da silagem de cana-de-açúcar sem aditivo e aditivada com *Lactobacillus buchneri* na dose de 50.000ufc/g MV, Souza et al. (2008) observaram valor de 22,5 e 22,8% para teor de MS, de 2,55 e 2,73% para teor de MM, de 68,1 e 66,6% para teor de FDN, respectivamente.

Mendes et al. (2008) observaram para a cana-de-açúcar *in natura*, silagem de cana-de-açúcar sem aditivos e aditivada com *Lactobacillus buchneri* na dose de 5×10^4 ufc/g MV, valores de 28,1; 21,7; e 27,6% para MS, de 49,9; 62,5; e 69,4% para teor de FDN, de 28,9; 42,8; e 46,3% para teor de FDA, de 21,0; 19,7; e 23,1% para teor de hemicelulose, observaram 3,2; e 2,8% de etanol, e 4,5; e 5,4% de ácido acético para a silagem sem aditivo e

aditivada com *Lactobacillus buchneri*, respectivamente. Porém, não detectaram etanol e ácido acético na cana-de-açúcar *in natura*.

Neste sentido, Pedroso (2003) observou valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 45,4% para a silagem exclusiva de cana-de-açúcar e de 54,8; 65,4 e 67,3% para a silagem aditivada com 1, 2 e 3% de NaOH na base da matéria natural, respectivamente. Siqueira (2005) observou para o tratamento controle (silagem de cana sem aditivos) DIVMS de 35,1%, com a adição de 1% de NaOH na base da matéria natural de 59,6% e quando associou hidróxido de sódio (1% MN) com 5×10^4 ufc/gMN de *Lactobacillus buchneri* observou 63,2% de DIVMS.

A qualidade da silagem depende de um conjunto de variáveis que conferem a mesma caracterização de alta, média ou baixa qualidade. Diante do exposto, não só a composição química servirá de parâmetro para julgá-la, faz-se necessário quantificar variáveis inerentes ao processo fermentativo, que permitirá inferir comentários a cerca de que tipo de fermentação ocorreu e/ou predominou dentro do silo.

Os trabalhos realizados na área de ensilagem e principalmente para cana-de-açúcar, rotineiramente determinam as perdas por gases e efluentes, o pH, o teor de etanol, ácido láctico e dos ácidos graxos voláteis acético, propiônico e butírico.

As perdas por gases e efluentes, o pH, e o teor de etanol observados por Pedroso *et al.* (2007) foram para gases de 10,3; 6,85; 4,78; 4,93; e 8,93 kg/t, as perdas por efluentes foram de 15,1; 6,53; 5,98; 6,41; e 22,8 kg/t, o pH foi de 3,69; 4,31; 5,08; 5,78; e 3,52, e o teor de etanol foi de 3,82; 2,44; 2,40; 2,44; e 1,95% da MS, para silagem de cana-de-açúcar sem aditivo, aditivada com NaOH (1, 2, e 3%) e com *Lactobacillus buchneri* ($3,64 \times 10^5$ ufc/g MV) na base da matéria natural, respectivamente.

Em avaliação da silagem de cana-de-açúcar sem aditivo e aditivada com 50.000 ufc/gMN de *Lactobacillus buchneri*, Souza *et al.* (2008) observaram valor de 2,94 e 2,85 para o pH, de 8,27 e 11,53% de etanol na MS, de 1,17 e 1,80% da MS para teor de ácido láctico, de 5,55 e 6,12% da MS para teor de ácido acético, de 0,23 e 0,24% da MS para teor de ácido propiônico, respectivamente.

Tanto a cana-de-açúcar *in natura* quanto o bagaço de cana são essencialmente materiais de alto teor lignocelulósico. Portanto, a viabilidade de sua utilização requer o desenvolvimento de métodos de tratamento que promovam o rompimento da estrutura da fração fibrosa para torná-la mais digestível (BURGI, 1985).

3.1. Aditivos

Os carboidratos solúveis (CS) presentes na cana-de-açúcar possibilitam a proliferação de leveduras que convertem os mesmos a etanol e CO₂ conferindo ao material armazenado baixo valor nutritivo. Desta forma, quando são comparadas silagens produzidas com cana-de-açúcar sem a adição de aditivos com silagens tratadas com aditivos como uréia, NaOH, bactérias fermentadoras homolácteas ou heterolácteas, entre outros, trabalhos de pesquisa com silagens de cana-de-açúcar relatam diferenças significativas entre as variáveis avaliadas nos diferentes tratamentos utilizados (CASTRILLÓN et al., 1978; PEDROSO et al., 2006, PEDROSO et al., 2007; FREITAS et al., 2006b; SIQUEIRA et al., 2007a; SIQUEIRA et al., 2007b).

Segundo McDonald et al. (1991), os aditivos para silagem podem ser classificados em cinco categorias: estimulantes, inibidores, inibidores da deterioração aeróbica, nutrientes e absorventes. Os pertencentes aos dois primeiros grupos atuam no controle da fermentação e agem pelo estímulo da fermentação láctica ou pela inibição, parcial ou completa, do crescimento microbiano. O terceiro grupo é focado principalmente no controle da deterioração da silagem quando da exposição ao ar. O quarto grupo é adicionado ao material no momento da ensilagem para melhorar o valor nutritivo da silagem e o quinto grupo é adicionado a materiais com baixo teor de MS para diminuir a perda de nutrientes e a produção de efluentes. Dependendo da composição química do aditivo empregado, este pode pertencer ao quarto e quinto grupo, simultaneamente.

A ensilagem de volumosos de baixa qualidade, por sua vez demanda pela utilização de aditivos que atuem em diferentes funções, ou seja, quando a silagem é confeccionada com materiais que além de apresentarem baixos teores de proteína e minerais possuem fibra de baixa digestibilidade, o aditivo a ser usado deverá conciliar as funções de melhoria na composição química e digestibilidade do produto final (FREITAS et al., 2006b).

3.1.1. Aditivos químicos

A capacidade de substâncias alcalinizantes em modificar o processo fermentativo de silagens tem sido reportada por diversos pesquisadores; (CASTRILLÓN et al., 1978;

PEDROSO et al., 2006; PEDROSO et al., 2007; FREITAS et al., 2006b; SIQUEIRA et al., 2007a, SIQUEIRA et al., 2007b).

Ao avaliar o valor alimentício e o padrão de fermentação ruminal para ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar tratada com 4% de NaOH (%MS) Castrillón et al. (1978) observaram melhoria na composição bromatológica, redução acentuada na produção de etanol em aproximadamente 4,32 unidades percentuais, maior teor de ácido láctico, aumento no consumo e ganho de peso dos animais em relação à silagem sem aditivo. Da mesma forma, Alcántara et al. (1989) observaram maior fluxo total de nitrogênio e maior eficiência na síntese de proteína microbiana no rúmen dos animais alimentados com silagem tratada com 3% de NaOH (%MS), o que possibilitou maior consumo voluntário e digestibilidade quando comparada com a silagem de cana sem aditivos e se igualou à cana fresca.

O potencial de hidrólise alcalina do NaOH para romper a estrutura e solubilizar componentes da parede celular vegetal (MATTOS, 1985), pode compensar em parte o aumento que deveria ser observado na concentração destes nutrientes, em decorrência do consumo de CS durante a fermentação.

Pedroso et al. (2007) observaram reduções significativas nas perdas totais de MS com os menores índices entre os tratamentos que utilizaram NaOH, tendo as menores produções de efluentes, as DVIVMS foram as maiores entre os tratamentos avaliados, nas doses de 2 e 3% de NaOH na base da matéria natural (MN), que produziram silagens com maior digestibilidade do que a que recebeu a dose 1% do álcali na MN e foram em média 46% mais digestíveis que a silagem controle.

De modo geral, o tratamento de volumosos com NaOH proporciona melhoria na digestibilidade, incremento na ingestão voluntária, aumento no consumo de água e prevenção da acidose. Andrade & Fukushima (1994) trataram bagaço de cana com soluções alcalinas de NH_4OH e observaram superioridade do NaOH em relação ao NH_4OH em deslignificar o bagaço, elevando sua digestibilidade. Possivelmente esta superioridade se deva ao fato de o NaOH ser um álcali mais forte que o NH_4OH . A justificativa para o emprego de álcalis reside no fato de a lignina de gramíneas ser particularmente susceptível ao ataque hidrolítico dos mesmos, nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (VAN SOEST, 1994).

Ezequiel et al. (2005) observaram elevação nos coeficientes de digestibilidade das frações fibrosas FDN e FDA para a cana hidrolisada *in natura*, hidrolisada e fenada e hidrolisada e ensilada quando comparados ao da cana-de-açúcar *in natura*.

O tratamento químico, especialmente com NaOH, tem aumentado a digestão da celulose e hemicelulose, podendo-se enfatizar como benefícios do tratamento a solubilização da hemicelulose (QUEIROZ, 2001), a não redução da lignina com o tratamento (KLOPFENSTEIN & KRAUS, 1972) e o aumento na digestão da fibra, em virtude da quebra nas ligações entre lignina e hemicelulose ou celulose sem remoção da lignina. Ezequiel et al. (2005) observaram aumento no consumo de MS das dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada (CH) com 1,5% de NaOH na base da matéria natural fornecida *in natura* e fenada (FEN), o que, segundo estes autores, provavelmente foi influenciado pela maior digestibilidade da fibra (PRESTON, 1982; ALLEN, 1991; MENDONÇA et al., 2004), visto que a qualidade da FDN e da FDA variou com o tratamento da cana-de-açúcar, devendo estar relacionado ao rompimento das ligações químicas com a lignina (KLOPFENSTEIN, 1978).

3.1.2. Aditivos microbianos

O uso de culturas de bactérias homofermentativas no processo fermentativo da ensilagem é uma técnica que vêm sendo utilizada a mais de cem anos, porém muitas vezes realizadas sem sucesso, devido à utilização de microrganismos que não atendem exigências, por competirem e dominarem os microrganismos epifíticos, produzirem ácido lático em curto espaço de tempo, tolerar acidez, entre outras características (WEINBERG & MUCK, 1996).

A elevação artificial do número inicial de bactérias produtoras de ácido lático, na forragem ensilada, pode reduzir o pH final, aumentar o conteúdo de ácido lático, diminuir a produção de efluentes e a perda de matéria seca no silo, melhorando o desempenho e a produção de leite dos animais alimentados com a silagem tratada (MCDONALD et al., 1991).

Por outro lado, o uso de microrganismos que não sigam a regra preconizada durante o processo de conservação, mas que atuam no controle de microrganismos indesejáveis durante o processo fermentativo (fase anaeróbica) e após abertura do silo e exposição do material ao ar (fase aeróbica) vem recebendo atenção nos mais recentes trabalhos de pesquisa conduzidos no Brasil.

Tais microrganismos são produtores de ácidos orgânicos ditos fracos no tocante à eficiência em reduzir o pH da massa ensilada. Contudo, a ação desses ácidos ocorre sobre o metabolismo de leveduras e fungos filamentosos (MOON, 1983; MCDONALD et al., 1991).

Aditivos contendo bactérias heteroláticas que produzem ácido acético, além do ácido lático, têm apresentado bom potencial como forma de melhorar a estabilidade aeróbica da silagem, devido ao maior poder do ácido acético de inibir o crescimento de leveduras e mofos (PEDROSO, 2003).

Segundo McDonald et al. (1991), o uso do ácido acético tem sido evitado por muitos pesquisadores por sua presença, em altas concentrações, nas silagens ter sido associada com baixo consumo voluntário de matéria seca, resultando em redução do desempenho animal. Portanto, o uso de bactérias heterofermentativas produtoras de ácido acético como aditivo em processo de ensilagem deve-se ser ponderada do ponto de vista da(s) dose(s) utilizada(s) a fim de que se evitem problemas referentes à alimentação e desempenho animal.

Os inoculantes comerciais contêm, normalmente, linhagens de bactérias homofermentativas produtoras de ácido lático como, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Streptococcus faecium*, *Enterococcus faecium* e *Lactococcus lactis*. Recentemente, inoculantes contendo bactérias heterofermentativas, produtoras de ácido acético e propiônico, como *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus cerevisiae*, *Propionibacterium shermani* e *acidipropionici*, têm sido avaliados no intuito de melhorar a estabilidade aeróbica das silagens, o que implica no controle da população de leveduras e, no caso de serem eficientes, indicaria bom potencial para uso na ensilagem da cana-de-açúcar, mas os resultados nesta área têm sido variáveis (PEDROSO, 2003).

As bactérias *Lactobacillus buchneri*, no entanto, não produzem etanol na fermentação anaeróbica da glucose, por não possuírem a enzima acetaldeído desidrogenase. A glucose será fermentada a acetato se houver um receptor de hidrogênio, como a frutose, que será então reduzida a manitol (MCDONALD et al., 1991). Segundo Driehuis et al. (1999), as bactérias *Lactobacillus buchneri* são capazes de metabolizar o ácido lático a ácido acético e 1,2-propanodiol, de forma que em silagens de milho inoculadas com estas bactérias ocorre acúmulo de ácido acético às expensas do ácido lático.

Corroborando com a importância da presença do ácido acético na silagem, experimentos *in vitro* avaliando a taxa de crescimento de duas cepas de *Sacharomyces cerevisiae* sob doses de ácido lático ou acético verificaram maior efeito inibitório do ácido acético em relação ao lático sobre as leveduras (NARENDRANATH et al., 2001). Esses autores observaram ainda consumo de ácido lático, em detrimento da glucose, nos meios de cultura que receberam esse ácido.

MOON (1983) afirmou que apesar de todos os ácidos graxos inibirem o crescimento da maioria das bactérias e leveduras, sua ação depende do pH, com maior efeito abaixo do pKa

dos ácidos (4,73 para acetato; 4,87 para propionato; 3,86 para lactato), onde esses se encontram principalmente na forma ácida, e não na forma ionizada. Segundo Danner et al. (2003), o efeito antimicrobiano de um ácido orgânico depende de seu pKa e do pH do meio. O ácido láctico tem pKa menor que o ácido acético, e por isso é um ácido mais forte; contudo, na faixa de pH normalmente encontrada nas silagens, o ácido acético se encontra menos dissociado que o ácido láctico, o que permite a ele penetrar a membrana plasmática das leveduras.

Os ácidos acético, propiônico, butírico, valérico, isocapróico exercem ação inibidora sobre a fermentação da glicose por leveduras. O ácido acético na forma ácida penetra por difusão passiva na célula da levedura, onde pode afetar tanto a absorção de fosfato, por interferência química com a membrana plasmática, como a atividade de enzimas glicolíticas, ou ainda reduzir o pH intracelular, acarretando maior consumo de ATP para retirar íons H^+ do interior das células, após sua dissociação. Esse mecanismo leva à exaustão energética da célula de levedura, inviabilizando-a (FERRO, 1994).

Inoculantes bacterianos quando utilizados como aditivos em processos de conservação, no caso para ensilagem, são dosados segundo recomendações dos fabricantes e através de resultados de pesquisas na mesma área. Seguindo a orientação do fabricante Pedroso et al. (2007), utilizou a dose recomendada de 1×10^6 ufc/g de forragem fresca para o inoculante contendo *L. plantarum*, e $3,64 \times 10^5$ ufc/g de forragem fresca para o inoculante contendo *L. buchneri* e obteve os melhores resultados para a silagem tratada com *L. buchneri* quando comparada a silagem tratada com *L. plantarum* para as variáveis MS, FDN, FDA, LIG, MM e DVIVMS.

Taylor & Kung Jr. (2002), testando níveis de aplicação de *L. buchneri* em concentrações na ordem de 10^5 a 10^6 ufc/g de forragem, constataram que níveis iguais ou superiores a 5×10^5 ufc/g foram eficientes no controle do desenvolvimento de leveduras e no aumento da estabilidade aeróbica, 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).

3.2. Microflora epífita das silagens

Os microrganismos naturalmente presentes nas plantas forrageiras, chamados de microflora epífita, são responsáveis pela fermentação das silagens, afetando também a sua

estabilidade aeróbia e a eficiência dos inoculantes contendo microrganismos exógenos. O número de cepas de microrganismos epífitas é variável, sendo afetado pelo tipo de forragem, pelo estágio de maturidade das plantas, pelo clima, por tratos agrônômicos dispensados na condução da cultura, pelo corte e condicionamento da forrageira (LIN et al., 1992).

Geralmente, os microrganismos presentes em maior número nas plantas forrageiras são as enterobactérias, as leveduras e os fungos, que competem com os lactobacilos pelos açúcares solúveis (BOLSEN et al., 1992) durante a etapa fermentativa no silo. Embora bactérias indesejáveis, como enterobactérias e clostrídeos, possam representar importante fonte de perdas qualitativas e riscos toxicológicos em silagens de baixa fermentação, seu desenvolvimento é inibido em condições de pH reduzido (JOBIM & GONÇALVES, 2003; BRAVO-MARTINS, 2004), o que diminui a importância prática desses microrganismos na ensilagem da cana-de-açúcar, que se caracteriza por apresentar teor adequado de MS e rápido abaixamento do pH a níveis considerados adequados.

Embora valores de pH possam ser usados como indicadores diretos de qualidade fermentativa para a maioria das silagens de gramíneas anuais e perenes, a cana-de-açúcar mostra-se como exceção, em função do desenvolvimento prejudicial de leveduras epifíticas. As leveduras não são inibidas pelo baixo pH encontrado nas silagens, sobrevivendo sob limites de pH variando entre 3,5 e 6,5, sendo que algumas espécies são capazes de sobreviver inclusive sob pH inferior a 2,0 (MCDONALD et al., 1991). Elevadas contagens de leveduras e fungos prejudicam a fase de pós-abertura das silagens, causando a deterioração aeróbia e perdas no valor nutritivo das silagens, além de promover a elevação do pH no painel do silo, o que aumenta o risco de desenvolvimento de microrganismos patogênicos (ROTZ & MUCK, 1994).

3.5. Referências Bibliográficas

ABREU, J. B. R. et al. Produção, características morfológicas e de maturação de cultivares de cana-de-açúcar com diferentes ciclos de amadurecimento para uso na alimentação animal na região de Barbacena-MG. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa. v. 64. n. 2. p. 115-121. 2007.

ALCÁNTARA, E. et al. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminal kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v. 23, p. 323-331, 1989.

ALLEN, M. S. Carbohydrate nutrition. **The Veterinary Clinics of North America**, v.7, n.2, p.327-340, 1991.

ANDRADE, J. B. et al. Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.341-349, 2004.

ANDRADE, M. B. M.; FUKUSHIMA, R. S. Efeitos de diferentes tratamentos no bagaço de cana sobre a digestibilidade dos nutrientes.1. Digestibilidade *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.514.

AZEVEDO, J. A. G. S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1431-1442, 2003.

BARNES, A. C. **The sugar cane**. London: Leonard Hill Books, 1974. 572 p.

BOIN, C. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO PAULISTA DE AGRONOMIA, 6., 1987, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, 1987.

BOIN, C. TEDESCHI, L. O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 107-126.

BOLSEN, K. K. et al. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfafa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.75, p.3066-3083, 1992.

BRAVO-MARTINS, C. E. C. **Identificação de leveduras envolvidas no processo de ensilagem de cana-de-açúcar e utilização de extratos vegetais como seus inibidores.** 2004. 148p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BURGI, R. **Produção do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum sp L.*) auto-hidrolisado e avaliação para ruminantes.** 1985. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)-Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAMPANA, M. P. et al. Melhoramento da cana-de-açúcar: XI. Ensaios de clones provenientes de hibridações realizadas em 1982 e selecionados na região de Jaú-SP. **Bragantia**, Campinas, n. 55, v. 2, p.245-252, 1996.

CARMO, C. A. et al. Degradabilidade da matéria seca e fibra em detergente neutro da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) com diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6S, p. 2126-2133, 2001.

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

CRUZ, C.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S.; **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 3 ed. Viçosa:UFV, v. 1, 2004, 480p. il.

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

DINARDO-MIRANDA, L. L.; COELHO, A. L.; FERREIRA, J. M. G. Influência da época de aplicação de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae), na qualidade e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 1, p.91-98, 2004.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GARCIA, V. PARAZZI, V. J. Efeito de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) e de nematóides fitoparasitos na qualidade tecnológica e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, v. 31, n.4, p.609-614, 2002.

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.

ELLIS, W. C. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. **Forage quality evaluation and utilization**. Editors. FAHEY JR, G. C. et al. p.682-756. 1994.

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

FERNANDES, A. M. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em função dos ciclos de produção precoce e intermediário e da idade de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003.

FERNANDES, A. R. M. et al. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim confinados, recebendo dietas com silagem de milho ou com cana-de-açúcar e grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 855-864, 2007.

FERRARI, F. **Estimadores viesados para modelos de regressão em presença de multicolinearidade**. 1989. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERREIRA, A. et al. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.8, p.761-767, ago. 2005.

FERRO, L. A. **Efeito de alguns herbicidas sobre a fermentação alcoólica realizada por leveduras *Saccharomyces cerevisiae***. 1994. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FREITAS, A. W. P. et al. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.38-47, 2006b.

FREITAS, A. W. P. et al. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 229-236, 2006a.

GOODING, E. G. B. Efecto de la calidad de la caña sobre su valor como alimento para alimento para bovinos. **Tropical Animal Production**, Edinburg, v. 7, n. 1, p. 76-97, Mar. 1982.

GROVUM, W. L.; WILLIAMS, V. J. Rate of passage of digesta in sheep. **British Journal of Nutrition**, v.30, n.2, p.313-329, 1973.

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

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**. n. 2, v. 65, p. 63-93, 1995.

IBGE(2008).http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200809_6.shtm

JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R. A. et al. (Ed.). In: **VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: Valor Alimentício de Forragens**. Jaboticabal: Editora Funep, 2003, p.1-26.

JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, n.11, p.313-329, 1995.

KENNEDY, P. M. Particle Dynamics. **Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism, 2nd Edition**. Eds. J. Dijkstra, J.M. Forbes and J. France. p. 123-156, 2005.

KLOPFENSTEIN, T. J. Chemical treatment of crops residues. **Journal of Animal Science**, v.46, n.3, p.841-848, 1978.

KLOPFENSTEIN, T. J.; KRAUS, M. J. Chemical treatment of low quality roughages. **Journal of Animal Science**, v.35, n.2, p.418-422, 1972.

LANDELL, M. G. A. et al. Avaliação final de clones IAC de cana-de-açúcar da série 1982, em latossolo roxo da região de Ribeirão Preto-SP. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p.269-280, 1999.

LIMA, M. L. M.; MATTOS, W. R. S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 77-105.

LIN, C. et al. Epiphytic microflora on alfafa and whole plant corn. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 75, p. 2484-2493, 1992.

MAGALHÃES, A. L. R. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: Parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 02, p. 591-599, 2006.

MATIS, J. H. & TOLLEY, D. On the stochastic modeling of tracer kinetics. **Federation Proceedings**; v. 39, n.1, p. 104-109. Jan, 1980.

MATIS, J. H. & WEHRLY, T. E.. Stochastic models of compartmental systems. **Biometrics**. v. 35, p.199-220. March, 1979.

MATIS, J. H. **Journal of Theoretical Biology**, v. 124, p. 371-376. 1987.

MATSUO, T. **O uso da regressão de cumeieira em experimentos agronômicos**. 1986. 89p Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H. P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. n. 5, Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993.p. 17-35.

MATTOS, W. R. S. Utilização de bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: UTILIZAÇÃO DE RECURSOS AGRO-INDÚSTRIAS DA CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. **Anais...** Piracicaba. FEALQ, 1985, 72p.

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

MENDES, C. Q. et al. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.12, p. 2191-2198, 2008.

MENDONÇA, S. S. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.481-492, 2004.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science** , v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

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.

NARENDRANATH, N. V.; THOMAS, K. C.; INGLEDEW, W. M. Effects of acetic acid and lactic acid on the growth of *Saccharomyces cerevisiae* in a minimal medium. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v.26, n.3, p.171-177, 2001.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal Dairy Science**, v.71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

NUSSIO, L. G.; SCHIMIDT, P. QUEIROZ, O. C. M. Alternativas de uso e manejo da cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPOSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NURIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 7. 2005, Goiânia. **Anais...** Goiania:CBNA, 2005. p. 299-321.

NUSSIO, L. G.; SCHIMIDT, P.; PEDROSO, A. F. Silagem de cana-de-açúcar. In: EVANGELISTA, A. R. et al. (Ed.) **FORRAGICULTURA E PASTAGENS – TEMAS EM EVIDÊNCIA – SUSTENTABILIDADE**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2003. p. 49-74.

OLIVEIRA, R. A. et al. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

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

PEDROSO, A. F. et al. Performance of holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.649-654, abr. 2006.

PEDROSO, A. F. et al. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 558-564, 2007.

PEREIRA, E. S. et al. Determinação das Frações Protéicas e de Carboidratos e Taxas de Degradação *In Vitro* da Cana-de-Açúcar, da Cama de Frango e do Farelo de Algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p.1887-1893, 2000.

PEREIRA, E. S. et al. Fontes nitrogenadas e uso de *sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p.563-572, 2001.

PIAGGIO, P. H. M. et al. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.20, n.3, p.306-312, 1991.

POND, K. R. et al. Compartment models for estimating attributes of digesta flow in cattle. **British Journal of Nutrition**, v. 60, p.571-595, 1988.

PRESTON, T. R.; LENG, R. A. Utilization of tropical feeds by ruminants. In: RUCKBUSH, T.; THIVELAND, P. (Ed.). **DIGESTIVE PHYSIOLOGY AND METABOLISM IN RUMINANTS**. Westport, AVI, p. 620-640, 1980.

PRESTON, T. R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, n.4, p.877-884, 1982.

QUEIROZ, M. A. A. Digestibilidade total e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar *in natura*, hidrolisada com hidróxido de sódio e hidrolisada fenada. 2001. 58p. **Monografia (Graduação em Zootecnia)** - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

RAIZER, A. J.; VENCOVSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2241-2246, dez. 1999.

RODRIGUES, A. A.; BARBOSA, P. F. Efeito do teor protéico do concentrado no consumo de cana-de-açúcar com uréia e ganho de peso de novilhas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 421-424, 1999.

RODRIGUES, A. A. et al. Efeito da qualidade de quatro variedades de cana-de-açúcar no ganho de peso de novilhas canchim. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Pernambuco: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.

RODRIGUES, A. A. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD.

RODRIGUES, A. A.; PRIMAVESI, O.; ESTEVES, S. N. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 12, p. 1333-1338, 1997.

RODRIGUES, A. A. et al. Efeito da uréia e sulfato de cálcio na digestibilidade da cana-de-açúcar por ruminantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 10, p. 1421-1427, 1992.

ROTZ, C. A.; MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvester and storage. In: FAHEY, D. C.; COLLINS, M.; MERTENS, D. R.; MOSER, L. E. (Ed.). **FORAGE QUALITY, EVALUATION AND UTILIZATION**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994. p. 828-868.

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

SANTOS, M. S. M. et al. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.301-306, abr. 2004.

SHRIVASTAVA, M. N.; SHARMA, K. K. Analysis of path coefficients in rice. **Zeitschrift fuer Pflanzenzuechtung**, v.77, p.174-177, 1976.

SILVA, M. A. et al. Avaliação de clones de híbridos IAC de cana-de-açúcar, série 1985, na região de Jaú-SP. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p.335-340, 1999.

SILVA, S. C. A cana-de-açúcar como alimento volumoso suplementar. In: **VOLUMOSOS PARA BOVINOS**. FEALQ, 1993. p. 59-74.

SIQUEIRA, G. R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e bacterianos**. 2005. 91p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

SIQUEIRA, G. R. et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.6, p.2000-2009, 2007b. (supl.).

SIQUEIRA, G. R. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.789-798, 2007a.

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

TAYLOR, C. C. KUNG Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1526-1532, 2002.

TEIXEIRA, C. B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos**. 2004. 72p. il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

THIAGO, L. R. L. S.; GILL, M. **Consumo voluntário**: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1990. 65p. (Documentos, 43).

TORRES, R. A.; COSTA, J. L. Uso da cana-de-açúcar na alimentação animal. In: EVANGELISTA, A. R.; SALES, E. C. J.; SIQUEIRA, G. R.; LIMA, J. A. (Ed) **SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA**. Lavras: Editora UFLA, 2001, p. 1-14.

UNICA (2008). <http://www.unica.com.br/search.asp>

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

WEINBERG, Z. G.; MUCK, R. E. New trends and opportunities in the development and use inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 19, p. 53-68, 1996.

4. TRABALHOS

Os quatro trabalhos a seguir foram elaborados segundo as normas da UENF e da ABNT

Trabalho 1 - Produção, composição bromatológica e degradabilidade ruminal *in situ* de variedades de cana-de-açúcar cultivadas nas regiões norte e noroeste fluminenses

Resumo

Foram avaliadas a produção, composição química e degradabilidade ruminal “*in situ*” de variedades de cana-de-açúcar *in natura*. Foram objeto do estudo as variedades: RB867515, RB835486, RB758540, RB72454, RB928064, RB845210, RB739735, RB855536, RB855113, RB835054, RB858927, RB765418, SP81-3250, SP80-1816, SP80-3280, SP90-3414, SP91-1049, SP80-1842, SP79-2233, SP90-1638, SP83-2847, SP83-5073, SP86-155 e CB44-74, os aspectos agronômicos e a composição bromatológica foram avaliados segundo um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram obtidas informações de produção de biomassa e de açúcar, composição química e degradabilidade ruminal *in situ*. Os resultados obtidos para as variáveis estudadas foram submetidos aos testes de normalidade, multi-colinearidade, componentes principais e agrupamento pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância. As variáveis que mais contribuíram para discriminar os grupos de variedades foram: produção de biomassa em tonelada de cana por hectare (TCH) (91,10%), fibra em detergente neutro (FDN) (4,54%), fração indegradável (I) (3,27%) e hemicelulose (1,08%). A análise de agrupamento possibilitou discriminar três grupos de variedades de cana-de-açúcar. Foram selecionadas para o segundo experimento as variedades RB855536, RB835486 e SP80-1842, baseando-se nas variáveis que apresentaram maior poder de discriminação dos grupos.

Palavras chave: variedades de cana-de-açúcar, degradabilidade ruminal, componentes principais, análise de agrupamento

Work 1 - Production, chemical composition and ruminal *in situ* degradability of the sugarcane varieties cultivate in the North and Northwest regions of Rio de Janeiro State

Abstract

The green matter and sacharose production, per hectare, chemical composition and *in situ* ruminal degradability of sugarcane varieties were evaluated. They were included in the research the varieties: RB867515, RB835486, RB758540, RB72454, RB928064, RB845210, RB739735, RB855536, RB855113, RB835054, RB858927, RB765418, SP81-3250, SP80-1816, SP80-3280, SP90-3414, SP91-1049, SP80-1842, SP79-2233, SP90-1638, SP83-2847, SP83-5073, SP86-155 and CB44-74. The agronomic characteristics and the bromatological composition were evaluated according to a randomized complete block design, with four replicates. The results obtained for the different variables were submitted to the tests of normality, multicollinearity, main components and the grouping Scott Knott test at the 5% significancy level. The most important variables for group discrimination were biomass production, in ton per hectare (TCH) (91,1%), neutral detergent fiber (NDF) (4,54%), the indegradable fraction (I) (3,27%) and hemicelulose (1,08%). The grouping analysis permitted to discriminate three groups of varieties of sugarcane. For the second trial, they were selected the varieties RB855536, RB835486 and SP80-1842, based on the variables that had the higher discrimination power.

Key Words: sugarcane varieties, ruminal degradability, main components, grouping analysis

Introdução

A cultura da cana-de-açúcar tem presença marcante nas regiões norte e noroeste fluminenses, que respondem pela quase totalidade da produção sucro-alcooleira estadual. Com topografia e clima, dentre outras condições, favoráveis para o desenvolvimento de atividades agropecuárias. Entretanto, o nível de adoção de novas tecnologias é deficiente, com reflexo negativo sobre a produtividade.

A existência de variabilidade na produção de matéria natural e na produção de açúcar entre variedades de cana-de-açúcar é fato, e pode ser explicada na maioria das vezes pelas práticas de manejo adotadas e pelas condições edafoclimáticas da região destinada ao cultivo. Desta forma, os ensaios de competição entre variedades de cana-de-açúcar são frequentes no ramo da pesquisa e experimentação agrícola, que acabam por indicar variedade(s) para determinada região ou mesmo contra-indicar.

Diversos estudos envolvendo a cana-de-açúcar são desenvolvidos através de parcerias entre usinas sucro-alcooleiras e instituições de pesquisa visando o desenvolvimento de novas variedades, métodos de controle de pragas, doenças, programas de irrigação e adubação etc. Estes estudos têm focado apenas os aspectos agronômicos, fitotécnicos e químicos de interesse das indústrias produtoras de açúcar e álcool. Porém, a melhor variedade selecionada para a indústria também preenche muitos dos requisitos desejáveis para emprego na alimentação e nutrição animal, uma vez que a mesma terá como atributos: maior produção de matéria natural, maior teor de açúcar, resistência a pragas e doenças, ausência de florescimento, tombamento, joçal etc.

A demanda por informações inerentes a variedades de cana-de-açúcar cultivadas nas regiões norte e noroeste fluminenses, do ponto de vista da alimentação e nutrição animal, apresenta relevância, uma vez que as atividades ligadas à produção de ruminantes (bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos) são tradicionais, geram receitas e divisas, principalmente na maioria das propriedades que suplementam seus rebanhos nos períodos de escassez de forragens (estação seca) com cana-de-açúcar.

O rebanho bovino regional encontra-se dividido nas atividades de exploração de leite e carne e, como na maioria das regiões de clima tropical, o mesmo é alimentado à base de pasto, sujeito a restrições nutricionais, qualitativas e quantitativas, na estação seca do ano.

No intuito de evitar prejuízos na atividade, uma parcela dos produtores busca alternativas para a suplementação alimentar dos rebanhos, desta forma, a cana-de-açúcar

torna-se a primeira opção dos produtores para este fim, por apresentar vantagens como elevada produção de material forrageiro por unidade de área e valor nutritivo máximo no período de escassez de forragem.

Variedades de cana-de-açúcar são cultivadas nas propriedades da região em função da disponibilidade de mudas, fertilidade do solo, produtividade etc. Por outro lado, novas variedades têm sido introduzidas e os resultados obtidos demonstram que as mesmas podem ser consideradas promissoras.

Sendo a cana-de-açúcar a principal forrageira utilizada na suplementação alimentar dos rebanhos bovinos de corte e leiteiro e por criadores de ovinos das regiões norte e noroeste fluminenses, avaliações com ênfase na alimentação e nutrição de ruminantes surgem como peças fundamentais, complementando os demais aspectos avaliados.

A composição química e a degradabilidade ruminal *in situ* por sua vez estão diretamente relacionadas com estágio de maturação, época de corte e proporção de parte aérea (olhadura). Na cana-de-açúcar a olhadura contém proporcionalmente maior teor de FDN que o colmo, onde canas ideais para a alimentação animal devem apresentar maior proporção de colmo em detrimento à olhadura.

O objetivo no presente trabalho foi avaliar variedades de cana-de-açúcar cultivadas no norte e noroeste fluminenses a partir dos aspectos da produção de matéria natural e açúcar, a composição química e a degradabilidade ruminal *in situ* e selecionar três variedades de cana-de-açúcar para a próxima etapa da pesquisa.

Material e Métodos

O experimento compreendeu uma série de etapas conduzidas no Horto Municipal de Quissamã, na Unidade de Apoio à Pesquisa em Zootecnia do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal (LZNA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF e na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ campus Dr. Leonel Miranda.

As variedades de cana-de-açúcar estudadas foram provenientes de um projeto de pesquisa realizado no município de Quissamã, fruto do convênio entre a Prefeitura Municipal de Quissamã e a UFRRJ campus Dr. Leonel Miranda.

Foram objeto de estudo as variedades: RB867515; RB835486; RB758540; RB72454; RB928064; RB845210; RB739735; RB855536; RB855113; RB835054; RB858927; RB765418; SP81-3250; SP80-1816; SP80-3280; SP90-3414; SP91-1049; SP80-1842; SP79-2233; SP90-1638; SP83-2847; SP83-5073; SP86-155 e CB44-74.

As amostras utilizadas no presente estudo tiveram origem em um experimento instalado num delineamento em blocos casualizados (DBC), com 24 variedades (tratamentos) e 4 blocos (repetições). As variedades foram plantadas em 4 linhas com 5 metros de comprimento em cada parcela experimental, com espaçamento de 1,3 metros entre linhas.

As variedades de cana-de-açúcar foram colhidas aos doze meses de idade (1^a soca), sendo cortadas a uma altura de dez centímetros do solo. Para composição da amostra de cada variedade avaliada, as duas linhas de cada extremidade da parcela foram desprezadas, sendo consideradas como bordadura. Das duas linhas centrais consideradas com área útil da parcela, as plantas de cana “completas” (colmo + parte aérea) foram cortadas a uma altura de 5 cm do solo, pesadas e determinada a produção de matéria natural (PMN), em tonelada de cana por hectare (TCH), o teor de sacarose (POL), determinado segundo a metodologia descrita por Payne (1968), e a produção de açúcar em tonelada de POL por hectare (TPH), determinada multiplicando-se o teor de POL pela TCH.

As amostras para determinação da composição química foram obtidas da mesma forma que para a PMN, porém utilizadas apenas cinco plantas inteiras processadas em picadora de forragem, modelo estacionário, com regulagem das lâminas para se obter partículas com tamanho de 1,5 cm. A seguir foram coletadas duas alíquotas, uma para determinação do teor de FDN, FDA, hemicelulose e lignina, matéria mineral (MM) e a outra para avaliar a degradabilidade “*in situ*” da FDN, que foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em refrigerador à temperatura de menos cinco graus centígrados (-5^o).

O descongelamento foi efetuado em bandejas de alumínio descartáveis, sendo o material depois de retirado do refrigerador exposto em bancadas à temperatura ambiente para descongelar. A secagem foi realizada em estufas com ventilação forçada a 55^oC por 72 horas. Após a secagem, uma alíquota das amostras foi moída em moinho de facas com peneira de 2 mm para avaliação da degradabilidade “*in situ*” da FDN, e a outra alíquota em peneira de 1 mm para determinação dos teores de FDN, FDA, MM, hemicelulose e lignina.

Os teores de FDN, FDA, lignina, utilizando ácido sulfúrico, e MM foram determinados conforme Silva & Queiroz (2002). O teor de hemicelulose foi obtido pela diferença entre o teor de FDN e FDA.

A determinação da degradabilidade *in situ* foi realizada segundo metodologia proposta por Mehrez & Ørskov (1977). Para determinação da degradabilidade utilizou-se o desenho experimental em quadrado latino (4 x 4), com os tempos de incubação de 6, 24, 36 e 96 h, casualizados na parcela e as variedades de cana-de-açúcar na sub-parcela. Constituindo as colunas foram casualizados os animais fistulados e nas linhas os períodos sucessivos (SAMPAIO, 1997). Isto permitiu que todas as amostras incubadas em um mesmo animal fossem retiradas ao mesmo tempo.

As amostras, moídas em moinho de facas, com peneira de 2 mm, foram incubadas em sacos de náilon com 50 μm de abertura entre malhas, medindo 5 cm \times 2,5 cm. Antes de colocar as amostras nos sacos, os mesmos foram lavados e secos em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C, durante 24 horas. Após este período, os sacos foram colocados em dessecador, pesados a quente e identificados. Um grama de MS de cada amostra foi colocado em cada saco obedecendo a relação entre quantidade de amostra por área de superfície do saco (15 mg de MS/cm² de superfície do saco), em quatro repetições, para os respectivos tempos de incubação, totalizando 384 amostras/período de avaliação. Os sacos referentes a todas as variedades, provenientes de cada bloco, foram fixados ao longo de uma corrente, tendo em uma extremidade um peso, e uma corda de náilon na outra; o peso com a finalidade de manter o material incubado na região ventral do rúmen, e a corda de fixar a corrente à borda superior da cânula ruminal.

Foram utilizados quatro animais fistulados no rúmen, $\frac{1}{2}$ sangue holandês-zebu mantidos em sistema de confinamento e alimentados duas vezes ao dia, às 8:00 e 16:00h, com 30kg de cana-de-açúcar picada como volumoso exclusivo e 2kg de ração concentrada, divididos em partes iguais e fornecidos simultaneamente duas vezes ao dia. A ração concentrada foi formulada para permitir o aporte de proteína e energia demandados para manutenção, a fim de fornecer condições ruminais ideais para determinação da degradabilidade ruminal. Foram utilizados 7 dias como fase de adaptação e em seguida foram conduzidas as incubações.

Após o término de cada tempo de incubação, o conjunto de material foi retirado e lavado com água corrente até que a água que escorresse dos sacos estivesse clara, para extração dos componentes solúveis e redução dos efeitos de contaminação por partículas e bactérias. A seguir, foram armazenados em refrigerador para posteriores análises.

Os sacos foram descongelados em bandejas de alumínio expostas em bancadas à temperatura ambiente, a seguir imersos em solução detergente neutra por 1 hora, em fervura, para determinar a degradabilidade *in situ* da FDN. Em seguida, os sacos foram lavados em água corrente para eliminar o excesso de detergente e colocados em estufa com ventilação

forçada durante 72 horas a 55 °C e depois colocados em dessecadores e pesados à temperatura ambiente.

Os dados referentes à degradabilidade da FDN foram ajustados ao seguinte modelo matemático, conforme as recomendações de Mertens (1977) e Ellis et al. (2005), com algumas modificações:

$$\begin{cases} R(t) = R(0), 0 \leq t \leq l \\ R(t) = [R(0) - I(0)]e^{-c(t-vL)} + I(0), t > l \end{cases}$$

em que $R(t)$ representa o resíduo de incubação do nutriente (FDN) após determinado tempo, $t(h)$; $R(0)$ equivale ao resíduo observado após solubilização do material em líquido ruminal; $c(h^{-1})$ correspondente à taxa de degradação da fração insolúvel, mas potencialmente degradável; L estima o tempo de latência discreto, expresso em h , e v é uma variável binária a qual é atribuído o valor um quando o perfil interpretado apresenta latência discreta aparente após inspeção visual, ou atribuído o valor zero, caso contrário. $I(0)$ corresponde à fração indigerível do nutriente em estudo. Neste modelo, $R(0) - I(0)$ equivale à fração $B(0)$ ou fração insolúvel potencialmente degradável. A diferença $MS - R(0)$ representa a fração solúvel da MS, $S(0)$, e $FDN - R(0)$ é igual a zero.

O modelo estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com 24 variedades e quatro repetições, segundo o seguinte modelo:

$$y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}, \text{ onde:}$$

y_{ij} = observação referente ao i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco;

μ = efeito da média geral;

t_i = efeito do i -ésimo tratamento;

b_j = efeito do j -ésimo bloco;

e_{ij} = efeito do erro aleatório; Normal Independentemente Distribuído (NID); com média (0) e variância (σ^2);

Os dados foram analisados com o auxílio do programa estatístico GENES (CRUZ, 2001) e SAS (1985) e os resultados serão apresentadas no tópico resultados e discussão.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de produção de matéria natural em PMN, sacarose em TPH, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel de detergente ácido (FDA), lignina, hemicelulose matéria mineral (MM) de cada variedade de cana-de-açúcar avaliada, bem como a média, o erro padrão e o coeficiente de variação.

A produção de matéria natural observada no presente estudo está de acordo com os resultados obtidos por Dinardo-Miranda et al., 2002; Teixeira, 2004; Ferreira et al., 2005 e Abreu et al., 2007. Por outro lado, diferiu dos valores detectados por Campana et al., 1996; Landell et al., 1999; Silva et al., 1999; Dinardo-Miranda et al., 2004; Santos et al., 2004 e Oliveira et al., 2007. Devendo-se considerar as variações existentes em função das condições experimentais, as variedades estudadas, as condições edafoclimáticas, os tratos culturais dispensados em cada estudo não foram levados em consideração para efeito de comparação neste trabalho.

A produção de matéria natural para cana planta das variedades avaliadas no presente estudo foi determinada por Carneiro Jr. (2005) (dados não publicados), que observou para cana planta valores de: 49,04 ton/ha (mínimo); 121,21 ton/ha (média) e 156,73 ton/ha (máximo). Apesar de o valor mínimo estar entre os valores observados na 1^a soca, a média e o valor máximo na planta foram consideravelmente superiores aos da 1^a soca. A queda observada entre as produções da planta e 1^a soca das variedades estudadas no presente estudo corrobora os resultados descritos por Mamede et al. (2002) com 7 variedades, na qual a média de produção foi de 185,8 ton/ha para cana planta e de 133,7 ton/ha para a primeira soca, com uma queda de produção em torno de 28%. Da mesma forma, Landell et al. (2002) observaram para as variedades IAC86-2480 e RB 72454, no primeiro corte, 129,9 e 143,5 ton/ha, respectivamente; para cana soca a produção obtida foi 93,9 e 101,6 ton/ha e na 2^a soca 94,3 e 106 ton/ha. A perda de vigor produtivo evidenciado pela redução da produtividade de ambas as variedades da cana para a primeira soca, foi de 29,7%, já da primeira soca para a segunda a produtividade foi mantida, provavelmente devido a práticas de manejo e outros efeitos climáticos.

Apesar de as avaliações dos trabalhos utilizados para comparação terem sido realizadas em fases distintas da cultura onde comumente é observada queda na produtividade da mesma ao longo dos anos de cultivo o resultado médio obtido no presente estudo 78,81t/ha (Tabela 1)

pode ser considerado similar quando comparado com a média nacional de produção de biomassa da cana-de-açúcar por hectare que foi de 78,79t/ha (UNICA, 2008).

Os valores observados para produção de açúcar em tonelada de POL por hectare (TPH) no presente estudo estão de acordo com os obtidos por Raizer & Vencovsky, 1999 e Dinardo-Miranda et al., 2002. No entanto, foram inferiores aos observados por Campana et al., 1996; Landell et al., 1999; Silva et al., 1999; Dinardo-Miranda et al., 2004; Santos et al., 2004; Teixeira, 2004; Ferreira et al., 2005 e Abreu et al., 2007. A produção de açúcar é função da produção de matéria natural e do teor de POL da variedade, por estar diretamente relacionada a estas variáveis, a diferença entre os resultados observados no presente estudo para TPH tiveram a mesma tendência dos resultados obtidos para PMN.

O conteúdo de parede celular vegetal da cana-de-açúcar representado pelo teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) comumente denominado de fração fibrosa representa em média 45% da matéria seca desta planta, o que proporcionalmente confere a esta variável caráter de principal componente da composição química da planta. Os resultados observados para as variedades objeto de estudo do presente trabalho (Tabela 1) estão próximos aos resultados encontrados na literatura para a cana-de-açúcar (RODRIGUES et al., 1997; PEREIRA et al., 2000; RODRIGUES et al., 2001; FERNANDES et al., 2003; AZEVEDO et al., 2003; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; FREITAS et al., 2006a; MAGALHÃES et al., 2006; FERNANDES et al., 2007). No tocante à alimentação e nutrição de ruminantes objetiva-se utilizar variedades que contenham menor teor de FDN em função da relação inversamente proporcional estabelecida entre FDN e o consumo alimentar animal. (MERTENS, 1987).

A variação verificada para o teor de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) verificado para as variedades avaliadas está contemplada entre os valores encontrados na literatura para cana-de-açúcar (FERNANDES et al., 2003; AZEVEDO et al., 2003; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; FREITAS et al., 2006a; MAGALHÃES et al., 2006).

A lignina presente na parede celular vegetal é considerada responsável pela formação de uma “espécie” de barreira física constituindo “o complexo” celulose + hemicelulose + lignina, apresentando ação recalcitrante aos ataques microbianos, sendo a lignina associada à indigestibilidade dos componentes da parede celular (VAN SOEST, 1994). Os resultados detectados para o teor de lignina das variedades de cana-de-açúcar avaliadas no presente estudo estão próximos aos verificados por Teixeira, 2004; Andrade et al., 2004; Magalhães et al., 2006. Entretanto, são inferiores ao relatados por Pereira et al., 2000; Fernandes et al.,

2003; Azevedo et al., 2003 e Freitas et al., 2006a. As diferenças observadas podem ser justificadas pela idade da planta no momento do corte, época de corte ou mesmo em função da característica específica da variedade estudada para determinada substância.

Os valores obtidos para porcentagem de hemicelulose nas canas avaliadas neste experimento estão de acordo com os encontrados na literatura por Azevedo et al., 2003 e Freitas et al., 2006a. No entanto, Andrade et al. (2004) observaram para cana cortada aos 12 meses, valor inferior e superior, respectivamente ao menor e maior valor verificado no presente estudo, onde as canas apresentavam a mesma idade ao corte do referido trabalho.

Os resultados referentes aos teores de matéria mineral (MM) detectados nas variedades de cana-de-açúcar avaliadas no presente estudo foram inferiores aos descritos na literatura (PEREIRA et al., 2000; TEIXEIRA, 2004; ANDRADE et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2006). Porém, a participação da cana-de-açúcar como fonte de minerais para os ruminantes é muito limitada, sendo a mesma deficiente em minerais como cálcio e fósforo, dos quais os ruminantes necessitam em maior quantidade.

A qualidade nutricional de uma forrageira é função de um conjunto de variáveis dentre as quais estão inseridas as variáveis oriundas dos estudos de cinética de degradação *in situ*. Forrageiras tropicais como a cana-de-açúcar, que comumente apresentam alto teor de fibra de baixas degradabilidade e taxa de degradação ruminal, demandam maior tempo para sair completamente do TGI, ocupando espaço e comprometendo o desempenho animal.

As frações determinadas pela técnica *in situ* para o alimento são constituídas pela fração “B” considerada insolúvel, potencialmente degradável e fração “I”, representando a porção indegradável. Neste sentido, na determinação da degradabilidade *in situ* utilizando animais fistulados no rúmen, sendo as amostras incubadas e retiradas todas de uma só vez (SAMPAIO, 1997), mantem-se as condições do ambiente ruminal favoráveis aos processos digestivos sem a perda de precisão dos resultados obtidos. Esta possibilita a situação ideal para simulação do ambiente ruminal (VAN SOEST, 1994).

As frações constituintes da cana-de-açúcar determinadas pela técnica *in situ* permitem uma avaliação rápida e de relevância prática para a alimentação e nutrição de ruminantes, pois se quantifica a porção indigerível potencialmente degradável, a porção indegradável e a taxa com a qual ocorre a degradação da porção insolúvel potencialmente degradável no rúmen.

Tabela 1 – Valores médios de produção de matéria natural (PMN), sacarose (TPH), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), hemicelulose (HCEL) e matéria mineral (MM) das variedades de cana-de-açúcar, com a respectiva média, erro padrão e coeficiente de variação

Variedades	PMN	TPH	FDN	FDA	LIG	HCEL	MM
	t/ha		%MS				
SP91-1049	70,83	10,34	44,91	28,63	5,42	16,27	1,21
CB44-74	44,64	5,40	50,51	28,14	4,77	22,37	1,87
SP83-5073	53,81	7,87	44,16	26,47	4,33	17,69	1,12
RB858927	80,95	10,83	47,44	28,84	4,27	18,60	1,29
RB928064	84,82	11,24	48,33	29,92	5,40	18,40	1,71
SP83-2847	57,38	7,56	44,62	26,52	3,79	18,10	1,31
SP90-3414	82,20	10,96	40,50	25,39	3,71	15,11	1,12
SP80-1816	96,73	13,77	45,53	29,62	5,18	15,91	1,47
RB867515	78,21	10,23	42,34	25,43	4,43	16,91	0,86
RB835054	73,69	10,37	44,48	26,04	4,18	18,44	1,04
RB855536	96,49	13,09	41,82	24,66	3,54	17,16	1,39
SP79-2233	61,25	8,53	42,78	25,33	5,38	17,46	1,76
RB845210	86,01	11,48	41,82	22,46	4,01	19,37	1,29
SP80-3280	92,26	12,47	46,31	28,92	4,97	17,39	1,26
RB758540	97,02	12,79	48,20	28,41	4,86	19,78	1,59
SP90-1638	69,17	9,20	41,93	24,84	4,02	17,09	0,87
RB835486	81,19	11,53	45,16	25,75	4,49	19,41	1,49
SP80-1842	86,43	12,84	57,94	35,31	6,48	22,63	1,15
SP81-3250	89,52	12,58	44,58	27,01	5,55	17,58	1,28
SP86-155	42,62	5,79	44,51	27,76	5,27	16,75	0,89
RB72454	89,88	12,08	43,30	27,31	4,35	15,99	1,25
RB765418	53,46	6,59	48,04	29,90	4,93	18,14	1,35
RB739735	65,48	8,90	41,76	24,98	4,66	16,78	1,03
RB855113	88,10	11,35	47,07	28,69	4,50	18,39	1,20
Média	78,81	10,77	44,78	26,92	4,46	18,12	1,25
Erro Padrão	19,71	2,77	5,34	4,14	1,62	3,19	0,32
CV (%)	15,4	15,27	9,56	13,41	28,44	15,95	16,83

Os valores observados no presente estudo para a taxa de degradação da fibra insolúvel em detergente neutro (k_d FDN) (Tabela 2) ficaram próximos aos obtidos por Pereira et al. (2000), que avaliaram a taxa de degradação da FDN da cana-de-açúcar e observaram valor de $0,0341 \text{ h}^{-1}$, por Azevedo et al., (2003) de $0,0400 \text{ h}^{-1}$, aos valores observados por Fernandes et al. (2003) para as idades de corte de 487 e 549 dias, porém diferindo para idade de corte de 426 dias. No mesmo sentido, diferiu do valor observado por Freitas et al. (2006a), que observaram valor médio de $0,0143 \text{ h}^{-1}$. As variações observadas nos diferentes estudos *in situ*,

citadas anteriormente e comparadas aos resultados obtidos no presente estudo, podem ser explicadas por diversas razões inerentes à alimentação, ao animal, ao manejo animal, ao tamanho de partícula e a quantidade de amostra colocadas nos sacos, ao tipo de material utilizado na confecção dos sacos, ao tamanho da corda e do peso e à etapa de lavagem e processamento dos sacos que contém os resíduos das amostras após a retirada do rúmen (NOCEK, 1988; HUNTINGTON & GIVENS, 1995). Porém, estas informações normalmente não são levadas em consideração para efeito de comparação de resultados, o que leva a comparações generalistas que são usualmente empregadas.

Os resultados obtidos no presente estudo para fração indegradável (Tabela 2) diferiram dos observados por Pereira et al. (2000), que verificaram 22,74%, dos observados por Fernandes et al. (2003), que situaram-se acima de 57%. O valor máximo observado no presente estudo foi de 55,04%, aproximando-se do mínimo, 54,5%, e diferindo do máximo, 61,2%, observado por Azevedo et al. (2003). A fração indegradável (I) determinada pela técnica *in situ* denota a informação quantitativa da porção alimentar que foi incubada, passou pelos processos de adesão, ataque e digestão microbiana e permaneceu inerte, ou seja, não estaria disponível ao animal para sua nutrição. Comparativamente, quanto maior a fração indegradável e indisponível aos microrganismos ruminais, menor a fração potencialmente degradável e disponível nutricionalmente.

Os constituintes da parede celular vegetal das forrageiras, bromatologicamente denominados de FDN, têm recebido ênfase em estudos relacionados a sua heterogeneidade e influência nos aspectos quantitativos, metabólicos e nutricionais relacionados ao consumo e à digestibilidade (MERTENS, 1987; VIEIRA et al., 2008). Sua fração potencialmente degradável (B) constitui a principal fonte de energia contida na forragem e que é disponível aos microrganismos durante a digestão ruminal.

Os resultados obtidos no presente estudo para fração B (Tabela 2) apresentaram pronunciada variação com extremos de 44,96% (RB758540) e 63,79% (RB835486), o que representa uma amplitude de 18,83 pontos percentuais para esta variável. Neste sentido, os valores detectados no presente estudo para fração B diferiram do observado por Pereira et al. (2000), da mesma forma do observado por Fernandes et al. (2003) e Azevedo et al. (2003). Por outro lado, se aproximam dos valores observados por Freitas et al. (2006a). Diante do exposto, a utilização de informações referentes aos parâmetros estimados por meio da degradabilidade *in situ* da matéria seca, ou seja, as frações principais constituintes da parede celular vegetal (B e I), permitem, em função da variabilidade, a realização de estudos de divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar ou mesmo de melhoramento genético

vegetal aplicados diretamente nos quesitos relacionados à nutrição e alimentação animal e que são demandados para cana como opção forrageira.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios, a média geral, o erro padrão e o coeficiente de variação das variáveis do perfil cinético de degradação *in situ* das variedades de cana-de-açúcar avaliadas.

Tabela 2 – Valores médios estimados para as variáveis taxa de degradação da FDN (k_d FDN), fração indegradável (I), fração potencialmente indegradável (B), média geral, erro padrão e coeficiente de variação

Variedade	k_d FDN (h^{-1})	I (%)	B (%)
SP91-1049	0,0258	50,48	49,52
CB44-74	0,0322	46,58	53,42
SP83-5073	0,0206	44,95	55,05
RB858927	0,0273	42,46	57,54
RB928064	0,0264	47,44	52,56
SP83-2847	0,0300	46,91	53,09
SP90-3414	0,0280	44,05	55,95
SP80-1816	0,0424	45,66	54,34
RB867515	0,0318	51,84	48,16
RB835054	0,0197	42,30	57,70
RB855536	0,0312	43,38	56,62
SP79-2233	0,0286	47,84	52,16
RB845210	0,0329	50,25	49,75
SP80-3280	0,0400	47,94	52,06
RB758540	0,0391	55,04	44,96
SP90-1638	0,0222	40,62	59,38
RB835486	0,0325	36,21	63,79
SP80-1842	0,0264	48,08	51,92
SP81-3250	0,0390	50,33	49,67
SP86-155	0,0321	49,92	50,08
RB72454	0,0392	49,04	50,96
RB765418	0,0238	44,76	55,24
RB739735	0,0214	45,09	54,91
RB855113	0,0363	48,10	51,90
Média	0,0301	47,09	52,91
Erro padrão	0,0096	4,54	4,54
CV (%)	26,37	4,93	4,29

Foi aplicado o teste de normalidade em todas as variáveis estudadas e a distribuição delas não diferiu significativamente da distribuição normal ao nível de 5% de probabilidade. Diante da normalidade verificada para a distribuição das variáveis estudadas, pressupõe-se uma distribuição normal multivariada. Na sequência, foi realizada a análise de

multicolinearidade (CHATTERJEE & PRICE, 1991) entre as variáveis, que permitiu a explicação da variabilidade total a partir de um número reduzido de variáveis. Baseando-se no resultado da análise de multicolinearidade, realizou-se a análise de variância para as variáveis selecionadas e as variedades foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Ao proceder-se ao teste de componentes principais, tiveram-se como premissas que a importância relativa dos componentes principais decresce do primeiro para o último, tem-se que os últimos componentes são responsáveis pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível (CRUZ & REGAZZI, 1997).

As variáveis passíveis de descarte em um estudo de divergência são aquelas invariantes entre as variedades estudadas e/ou redundantes, por estarem correlacionadas com outras variáveis (CRUZ & REGAZZI, 1997). A possibilidade de descarte das variáveis que contribuem pouco para a discriminação do material avaliado é importante, pois permite a redução da mão-de-obra, do tempo e do custo despendido na experimentação (CRUZ, 1990; CRUZ & REGAZZI, 1997).

A contribuição das variáveis para discriminar os grupos de variedades foi avaliada em duas etapas: agrupamento 1 e 2 apresentadas na Tabela 3. O agrupamento 1 foi realizado com as sete variáveis restantes após a eliminação das variáveis que provocaram multicolinearidade severa, o agrupamento 2 realizado com as variáveis que mais contribuíram para discriminar as variedades.

A amplitude existente entre os resultados de PMN das variedades estudadas acompanhada do erro padrão (Tabela 1) possivelmente podem explicar a maior contribuição desta variável (Tabela 3) para discriminação dos grupos através da análise de componentes principais (Tabela 4), uma vez que na análise por componentes principais são utilizados os primeiros componentes quando esses envolvem pelo menos 80% da variação total (CRUZ et al., 2004), comportamento este observado no presente estudo, onde os primeiros componentes (PMN e FDN) explicaram 95,47 e 95,65% (Tabela 3) para o primeiro e segundo agrupamentos, respectivamente.

Na Tabela 3 são apresentados os valores das contribuições das variáveis para discriminação das variedades.

Tabela 3 – Contribuição das variáveis para discriminação das variedades por grupo

Variável	Contribuição das variáveis (%)	
	Agrupamento 1	Agrupamento 2
PMN	90,94	91,10
FDN	4,53	4,54
Lignina	0,16	-
Hemicelulose	1,08	1,08
MM	0,02	-
I	3,26	3,27
k _d FDN	-	-

PMN-produção de matéria natural; FDN-fibra em detergente neutro; MM-matéria mineral; I-fração indigestível; k_dFDN-taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável

A variável produção de açúcar, por ser uma função da produção de matéria natural, teve comportamento semelhante para as variedades estudadas, o teor de FDA, por estar contido no teor de FDN e a fração B, por ser fruto da diferença entre o total e a fração I (Tabela 1), foram descartados por apresentarem correlação alta e positiva com as respectivas frações citadas e que foram mantidas na análise de agrupamento.

A contribuição para discriminação das variedades em grupos pela variável FDN foi de 4,53 e 4,54% (Tabela 3) para o primeiro e segundo agrupamento, respectivamente. Sendo o segundo componente principal que mais contribuiu para discriminar os grupos, a manutenção de um componente que comparativamente contribua pouco em comparação aos demais, no exemplo em questão a PMN, reside na sua importância para área de estudo preconizada.

A contribuição das variáveis lignina e MM no agrupamento 1 foram mínimas, ao passo que com a eliminação das mesmas e da variável k_dFDN, que não apresentou contribuição discriminante, o aumento nas demais variáveis mantidas no agrupamento 2 foi de pequena magnitude. Freitas et al. (2006a), em avaliação da divergência nutricional entre variedades de cana-de-açúcar, estabeleceram o limite mínimo de contribuição de uma variável para o poder total de discriminação dos grupos de 10%. Por outro lado, ao contrário do ocorrido no presente estudo, quando o referido autor eliminou as variáveis avaliadas que não contribuíam para discriminar os grupos de variedades e submeteu as variáveis mantidas novamente ao teste de agrupamento, as que apresentaram maior contribuição no agrupamento 1 sofreram aumento percentual de contribuição de 6,41% no agrupamento 2.

O pequeno aumento observado no presente estudo para as contribuições fornecidas pelas variáveis para discriminação dos grupos de variedades pode ser explicado pela pequena magnitude da variação das demais variáveis em detrimento a da variável PMN. Como critério de escolha de uma variedade de cana-de-açúcar em detrimento a outra para alimentação e

nutrição de ruminantes, vários são os parâmetros a serem considerados, como por exemplo, elevada produção de biomassa, baixo teor de FDN e proporcionalmente elevado teor de carboidratos solúveis, baixa fração indegradável e alta taxa de degradação.

As variedades avaliadas no presente estudo apresentaram como característica principal que as classificaram em grupos distintos à produção de matéria natural, parâmetro este considerado como de maior importância em detrimento aos demais citados, em função de não haver justificativa de recomendação de uma variedade para alimentação e nutrição animal ou mesmo para produção de açúcar e álcool que apresente baixa produção de biomassa.

Na Tabela 4 são apresentadas as variedades distribuídas por grupo com as médias das variáveis utilizadas no agrupamento 2 (Tabela 3) e a taxa de degradação k_d FDN, a variável k_d FDN, por mais que não tenha contribuído para discriminação dos grupos de variedades, foi incluída em função de sua importância para avaliação de uma variedade de cana-de-açúcar destinada à alimentação animal. Os grupos I, II e III foram constituídos por 15, 4 e 5 variedades, respectivamente.

A queda na produtividade ao longo dos cortes é inevitável na cana-de-açúcar (OLIVEIRA, 1999). A redução no vigor produtivo está associada às práticas de colheita, tratamentos culturais, clima e compactação, estando a vida útil de uma cultura bem conduzida em torno de 4 anos, no máximo 8 anos.

Dentre as características de maior relevância que uma variedade de cana-de-açúcar deve apresentar para justificar seu cultivo para qualquer fim, está a produção de matéria natural. Neste sentido, no presente estudo a maioria das variedades avaliadas teve comportamento semelhante estatisticamente ($P < 0,05$) para o componente de maior importância para explicar a divergência entre os grupos a PMN, fato este que pode ser evidenciado pelo maior número de variedades que compuseram o grupo de maior média para esta variável.

Na Tabela 4 são apresentados os grupos formados pelas variedades de cana-de-açúcar avaliadas no presente estudo, seguidos dos valores médios das variáveis utilizadas na análise de agrupamento.

Tabela 4. Grupos de variedades de cana-de-açúcar e médias das variáveis em cada grupo.

Itens	Grupos*		
	I	II	III
Variedades	RB758540 SP80-1816 RB855536 SP80-3280 RB72454 SP81-3250 RB855113 SP80-1842 RB845210 RB928064 SP90-3414 RB835486 RB858927 RB867515 RB835054	SP91-1049 SP90-1638 RB739735 SP79-2233	SP83-2847 SP83-5073 RB765418 CB44-74 SP86-155
PMN ¹	88,10	64,29	53,57
FDN ²	44,96	43,02	45,87
I ²	47,14	47,41	46,56
Hemicelulose ²	18,17	16,98	18,60
k _d ³	0,0322	0,0231	0,0289

* Grupos formados pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância; ¹(ton*ha⁻¹); ²(%MS); ³(%*h⁻¹)

As variedades estudadas foram agrupadas em três grupos pela análise de agrupamento segundo o critério adotado pela análise de componentes principais (Tabela 4). Entre as variedades estudadas no tocante à cinética de degradação da FDN, a variedade RB 835486 se destacou por apresentar menor fração indegradável (I) e proporcionalmente maior fração potencialmente degradável (B) Embora a diferença entre as taxas de degradação (k_dFDN) das variedades estudadas não tenha sido elevada, a k_dFDN da referida variedade apresentou valor superior a média obtida no estudo. Desta forma, as características pertinentes a RB 835486, como elevada produção de biomassa e açúcar por unidade de área, teor de FDA abaixo da média obtida, contribuem para justificar uma menor fração indegradável encontrada para a variedade.

A variabilidade nas características de produção de biomassa e açúcar, composição química e degradabilidade ruminal invariavelmente ocorre (Cesnik, 1972, apud TEIXEIRA, 2004; FREITAS, 2006a). Todavia, ponderações sobre o conjunto de variáveis que qualificam

um material de cana-de-açúcar devem ser feitas com critério técnico, a fim de qualificar variedade (s) para a alimentação animal.

A variedade RB 855536 apresentou atributos desejáveis para utilização na alimentação animal, elevada produção de biomassa associada a baixos teores de constituintes da parede celular, carboidratos fibrosos (CF) de degradação lenta, o que proporcionalmente se opõe ao teor de carboidratos não fibrosos (CNF), que são rapidamente fermentados no rúmen e de fácil aproveitamento pelo animal.

O critério adotado para escolha de um material de cana-de-açúcar destinado à alimentação animal, como mencionado anteriormente, deve estar respaldado numa série de fatores que permitam ao técnico avaliar a potencialidade dos materiais disponíveis, não sendo recomendada a utilização de características isoladas. Portanto, uma variedade de cana-de-açúcar, por mais que apresente, por exemplo, reduzido teor de CF e conseqüentemente elevado teor de CNF desejáveis nutricionalmente, não deve ser recomendada para cultivo se a mesma não apresentar elevada produção de matéria natural, o que, se feito, aumentaria o custo por tonelada de material forrageiro produzido por área.

A variedade SP80-1842, vulgarmente conhecida por “pé duro”, por apresentar consistência demasiadamente dura quando comparada com outras variedades, apesar de ter apresentado elevado teor de CF, o que proporcionalmente caracteriza reduzido teor de CNF, a mesma apresentou elevada produção de biomassa e açúcar, que são fatores importantes para serem levados em consideração no momento de escolha do material forrageiro de cana-de-açúcar. Os teores de FDA e lignina observados na referida variedade encontram-se entre os maiores obtidos no presente estudo, fatores que dão suporte para justificar a k_d FDN abaixo da média.

Conclusões

A análise de agrupamento possibilitou a discriminação das variedades de cana-de-açúcar estudadas, sendo constituídos três grupos distintos.

A variável que contribuiu significativamente para discriminar a divergência e agrupar as variedades estudadas foi a produção de matéria natural.

Foram selecionadas as variedades RB855536, RB 835486 e SP80-1842 para próxima etapa da pesquisa.

Referências Bibliográficas

ABREU, J. B. R. et al. Produção, características morfológicas e de maturação de cultivares de cana-de-açúcar com diferentes ciclos de amadurecimento para uso na alimentação animal na região de Barbacena-MG. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa. v. 64. n. 2. p. 115-121. 2007.

ANDRADE, J. B. et al. Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.341-349, 2004.

AZEVEDO, J. A. G. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1431-1442, 2003.

CAMPANA, M. P. et al. Melhoramento da cana-de-açúcar: XI. Ensaios de clones provenientes de hibridações realizadas em 1982 e selecionados na região de Jaú-SP. **Bragantia**, Campinas, n. 55, v. 2, p.245-252, 1996.

CHATTERJEE, S.; PRICE, B. **Regression analysis by example**. New York: John Wiley & Sons, 1991. 278 p.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CRUZ, C. D. **Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora da UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa:UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S.; **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa:UFV, v. 1, 2004, 480p. il.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; COELHO, A. L.; FERREIRA, J. M. G. Influência da época de aplicação de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae), na qualidade e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 1, p.91-98, 2004.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GARCIA, V. PARAZZI, V. J. Efeito de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) e de nematóides fitoparasitos na qualidade tecnológica e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, v. 31, n.4, p.609-614, 2002.

ELLIS, W. C.; MAHLOOJI, M.; MATIS, J. H. Models for estimating parameters of neutral detergent fiber digestion by ruminal microorganisms. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1591-1601, 2005.

FERNANDES, A. M. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em função dos ciclos de produção precoce e intermediário e da idade de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003.

FERNANDES, A. R. M. et al. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim confinados, recebendo dietas com silagem de milho ou com cana-de-açúcar e grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 855-864, 2007.

FERREIRA, A. et al. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.8, p.761-767, ago. 2005.

FREITAS, A. W. P. et al. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 229-236, 2006a.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the degradation of feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**. n. 2, v. 65, p. 63-93, 1995.

LANDELL, M. G. A. et al. Avaliação final de clones IAC de cana-de-açúcar da série 1982, em latossolo roxo da região de Ribeirão Preto-SP. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p.269-280, 1999.

LANDELL, M. G. A. et al. Avaliação do potencial agroindustrial de genótipos de cana-de-açúcar colhidos no início de safra, na região centro-sul do Brasil. In: 8º CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2002, Recife - PE. **Anais...** do 8º Congresso Nacional da STAB. Recife - PE : STAB, 2002. v. 1. p. 349-354.

MAGALHÃES, A. L. R. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: Parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 02, p. 591-599, 2006.

MAMEDE, Q. et al. Potencial produtivo de clones RB de cana de açúcar no município de Nova Europa – SP. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 20, n. 3, p. 32-35, 2002.

MEHREZ, A. Z. e ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal Agriculture Science**, v. 88, p. 645-665, 1977.

MERTENS, D. R. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. **Federation Proceedings**, v. 36, n. 2, p.187-192, 1977.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science** , v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal Dairy Science**, v.71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

OLIVEIRA, M. D. S. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. UNESP-Jojobicabal, 1999. 128p.

OLIVEIRA, R. A. et al. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

PAYNE, J. H. **Sugar cane factory analytical control**. Amsterdam, Elsevier, 1968. 190p.

PEREIRA, E. S. et al. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p.1887-1893, 2000.

RAIZER, A. J.; VENCOSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2241-2246, dez. 1999.

RODRIGUES, A. A. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD.

RODRIGUES, A. A.; PRIMAVESI, O.; ESTEVES, S. N. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 12, p. 1333-1338, 1997.

SAMPAIO, I. B. M. Métodos estatísticos aplicados à determinação de digestibilidade *in situ*. In: TEIXEIRA, J. C. (Ed.) **DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES**. 1. ed. Lavras: UFLA-FAEPE, p. 165-178, 1997.

SANTOS, M. S. M. et al. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.301-306, abr. 2004.

SAS. 1985. SAS/STAT. User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC.

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

SILVA, M. A. et al. Avaliação de clones de híbridos IAC de cana-de-açúcar, série 1985, na região de Jaú-SP. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p.335-340, 1999.

SILVA, M. A. et al. Avaliação de clones de híbridos IAC de cana-de-açúcar, série 1985, na região de Jaú-SP. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p.335-340, 1999.

TEIXEIRA, C. B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos**. 2004. 72p. il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

UNICA (2008). <http://www.unica.com.br/search.asp>

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

VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. **Journal of Theoretical Biology**. (2008), doi:10.1016/j.jtbi.2008.08.013.

Trabalho 2 - Consumo, dinâmica ruminal de partículas e composição química de variedades de cana-de-açúcar

Resumo

Foram avaliados no presente estudo o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico ($PV^{0,75}$), os tempos médios de retenção no rúmen-retículo de partículas das fases sólida e líquida, a digestibilidade ruminal verdadeira da fibra em bovinos, a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de três variedades selecionadas (RB855536, RB835486 e SP80-1842), num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre as variedades testadas para os tempos médios de retenção de partículas das fases sólida e líquida do compartimento rúmen-retículo, o mesmo ocorrendo para a digestibilidade ruminal verdadeira da fibra e para o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico. Foram observadas diferenças ($P<0,05$) entre as variedades testadas para os teores de fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, matéria mineral e proteína bruta. Entretanto, as variedades não diferiram ($P>0,05$) quanto aos teores de matéria seca, lignina e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca. A variedade RB855536 foi selecionada para os experimentos seguintes (três e quatro), tomando-se como referência, além dos aspectos nutricionais, aspectos práticos como maior escala de cultivo nas regiões norte e noroeste fluminenses.

Palavras-chave: taxa de passagem ruminal, tamanho metabólico, variedades de cana-de-açúcar e digestibilidade da fibra

Work 2 – Intake, ruminal dynamics particles and chemical composition of the sugarcane varieties

Abstract

They were evaluated the dry matter intake/Wt^{0.75}, mean retention times of solid and liquid phases particles, true ruminal digestibility of fiber in bovines, chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility of the three selected varieties of sugarcane (RB855536, RB835486 and SP80-1842), in a completely randomized design, with four replicates. There were no differences (P<0,05) among the varieties regarding to mean retention time in rumen-reticulum of solid and liquid phases particles, true ruminal digestibility of fiber, and dry matter intake per unit metabolic size. However, the varieties differed (P<0,05) with respect to content of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ash and crude protein, but, did not differ with respect to dry matter and lignin content and *n vitro* digestibility of dry matter (IVDMD). The RB855536 variety was selected to be used in the experiments three and four based on nutritional characteristics and its importance (area planted) in the North and Northwest regions of Rio de Janeiro State.

Key words: rate of ruminal passage, metabolic size, sugarcane varieties, fiber digestibility

Introdução

A capacidade da cana-de-açúcar em manter seu valor nutritivo durante um longo período de tempo, sendo este período coincidente com a época de baixa disponibilidade de forragem nos pastos, ou período de seca, permite que em pequenas propriedades a cana seja colhida diariamente e fornecida fresca aos animais, em um sistema que, apesar de exigir trabalho diário, permite a utilização de forragem na fase em que possui valor nutritivo mais elevado.

O alimento, quando de boa qualidade, induz maior consumo de matéria seca ao ponto que o mesmo seja limitado pela demanda nutricional (efeito fisiológico), por outro lado, quando de baixa qualidade, o consumo animal será limitado pela repleção ruminal (efeito físico) (CONRAD et al., 1964; MERTENS, 1987).

O consumo de alimentos é um aspecto fundamental em nutrição animal, uma vez que estabelece a ingestão de nutrientes e, portanto, determina as respostas do animal, estando bastante relacionado com o conteúdo de fibra (FDN). Um animal alimentado à vontade só consegue ingerir quantidade limitada de cana-de-açúcar, em função do seu teor de fibra, mas principalmente devido à baixa taxa de degradação desta fração. A baixa taxa de digestão da fibra da cana-de-açúcar no rúmen resulta em acúmulo de fibra não degradada no rúmen, o que limitaria o consumo.

A taxa de passagem de um alimento pelo trato gastrintestinal (TGI) de um animal expressa a velocidade com a qual o referido alimento percorre o TGI e, portanto, o tempo demandado para tal percurso. Desta forma, de posse da informação referente à taxa de passagem de um determinado alimento podem ser feitas inferências, por exemplo, a respeito de intervalos de arraçoamento e quantidade necessária de alimento, evitando assim que o animal passe por períodos de fome e a ocorrência de desperdício, o que gera custos que podem onerar a atividade.

Os dois componentes da cana-de-açúcar que ocorrem em maiores proporções, açúcar e FDN, são utilizados de modos diferenciados pelos microrganismos ruminais. Enquanto os açúcares são rapidamente fermentados no rúmen e de fácil aproveitamento pelo animal, a FDN é utilizada lentamente (PRESTON & LENG, 1980).

Apesar de os carboidratos solúveis da cana-de-açúcar apresentarem digestibilidade elevada, o que associada à fração fibrosa conferem a esta forrageira valores médios de digestibilidade considerados satisfatórios quando comparados com outras forrageiras, a fração

fibrosa da cana exerce ação recalcitrante aos mecanismos digestivos promovidos pelos microrganismos ruminais, o que, com o passar do tempo, quando um animal está sendo alimentado com cana-de-açúcar, pode ocorrer a repleção ruminal, ou seja, o efeito de enchimento do rúmen (efeito *fill*). Desta forma, uma vez que o animal encontra-se com o compartimento ruminal repleto de alimento, o mesmo permanece saciado por mais que esteja em processo de desnutrição, pois a permanência de alimento ocupando espaço na cavidade ruminal impede que o alimento novo adentre a mesma.

A maioria das variedades de cana-de-açúcar foi desenvolvida para atender às necessidades das indústrias de açúcar e álcool, apesar da demanda por variedades destinadas à alimentação animal. Por outro lado, as variedades desenvolvidas para a indústria sucroalcooleira atendem em parte a função forrageira por produzirem elevadas quantidades de biomassa, apresentar alto teor de açúcar e resistência a pragas e doenças.

Os componentes presentes em maiores proporções na cana-de-açúcar, sacarose (açúcar) e fração fibrosa, se comportam de forma oposta, desta forma o desenvolvimento de variedades que apresentem dentre outros fatores desejáveis, alto teor de açúcar, é um passo importante para melhoria desta variedade como planta forrageira, porém, como não é de interesse da indústria atuar sobre a fibra da cana-de-açúcar qualitativamente e nem quantitativamente, este é o ponto que desfavorece a cana-de-açúcar com planta forrageira (GOODING, 1982).

O método mais utilizado para avaliar a digestibilidade de forragens de uma forma rotineira é a determinação *in vitro*, reduzindo o custo da pesquisa com a obtenção de resultados precisos, não necessitando de animais confinados para digestibilidade *in vivo* e/ou fistulados para digestibilidade *in situ*.

A escolha de uma planta forrageira para ser cultivada e destinada a alimentação animal deve estar respaldada por uma série de fatores que possam justificar a mesma pelo ponto de vista econômico e nutricional. Diante do exposto, além das características bromatológicas, aspectos agrônômicos devem ser observados, como: elevada produção de matéria natural, alto teor de açúcar, resistência a pragas, doenças e ao tombamento, ausência de florescimento e escala de cultivo na região.

O objetivo no presente trabalho foi avaliar o consumo, a taxa de passagem de partículas nas fases sólida e líquida do rúmen de bovinos, a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das variedades RB855536, RB835486 e SP80-1842, e selecionar uma variedade para a próxima etapa da pesquisa.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na unidade de apoio à pesquisa em Zootecnia e Nutrição Animal do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, em Campos dos Goytacazes-RJ.

Foram objeto de estudo do presente experimento as variedades RB855536 (11), RB 835486 (17) e SP80-1842 (18), em função da maior produtividade conciliada respectivamente ao baixo teor de FDN, menor fração indegradável (*I*) e ao maior teor de FDN, constituindo os tratamentos. Utilizaram-se 12 novilhas $\frac{1}{2}$ sangue holandês \times zebu com peso vivo médio de 250 kg, sendo distribuídas em três grupos de quatro novilhas cada. As novilhas foram mantidas em sistema de confinamento aleatoriamente distribuídas em baias devidamente numeradas. As variedades foram sorteadas entre grupos de animais. Os tratamentos foram constituídos pelas variedades, num delineamento inteiramente ao acaso.

O modelo estatístico utilizado na análise dos resultados referentes ao consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico, composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi:

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}, \text{ onde:}$$

y_{ij} = observação referente ao *i*-ésimo tratamento na *j*-ésima repetição;

μ = efeito da média geral;

t_i = efeito do *i*-ésimo tratamento;

e_{ij} = efeito do erro aleatório, NID (0, σ^2);

Os animais passaram por período de adaptação e estabilização do consumo com duração de 7 dias, recebendo 20kg cana-de-açúcar picada adicionada da mistura uréia e sulfato de amônio (9:1) na dose de 0,5% na base da matéria natural uma vez por dia. A partir da segunda semana e com o consumo estabilizado, cada animal passou a receber a quantidade específica adicionada com 1% de uréia e sulfato de amônio. A alimentação foi realizada em dieta única, sendo a quantidade fornecida pesada e, na manhã do dia seguinte, antes do arraçoamento, a sobra foi coletada e pesada, determinando-se o consumo durante um período de 21 dias. Os animais foram pesados no início e no fim do período de avaliação do consumo, sendo o peso vivo médio determinando somando-se os dois valores de peso e dividindo por dois. O consumo foi expresso em kg de MS/PV^{0,75}.

Na determinação das taxas de passagem da fase sólida e líquida foram utilizados os indicadores (Cr) na fibra mordantada e o cobalto (Co-EDTA), respectivamente. As amostras de cada variedade de cana-de-açúcar foram trituradas em picadeira de forragem num tamanho médio de partículas de 1,5cm. Foram tomados aproximadamente um quilo da amostra de cada variedade, procedendo-se a fervura do material individualmente por uma hora, em vasilha metálica, contendo uma solução diluída de detergente neutro, na proporção de 20 mL de detergente em 1 L de água, para cada 100 g de amostra. Foi utilizado um bastão de alumínio para a movimentação do material. Em seguida, a fibra foi filtrada em saco de tecido de algodão e lavada com água corrente e acetona para remoção dos compostos solúveis em detergente neutro e para retirada do excesso de detergente neutro. Após a lavagem, o material foi seco em estufa de ventilação forçada a 55^oC por 24horas

O complexo parede celular-Cr foi preparado, tomando uma quantidade de dicromato de sódio que continha cromo equivalente a 13% da fibra a ser marcada. A fibra e o dicromato de sódio foram diluídos em um recipiente de vidro com 5 L de capacidade, com abertura ampla, contendo água suficiente para que o reagente perfundisse toda a fibra. O recipiente foi coberto com papel alumínio e colocado em estufa de ventilação forçada, regulada para 100^oC, durante 24 horas.

A seguir, o material foi lavado em água corrente, removendo o excesso de dicromato de sódio. Foi adicionado ácido ascórbico comercial na quantidade correspondente à metade do peso da fibra inicial, deixando descansar por 1 hora. Posteriormente, o material foi envolvido com um pano de poliéster e lavado repetidas vezes, até que a água residual ficasse clara, secando-o em estufa de ventilação forçada a 55^oC, por 72 horas (UDÉN et al., 1980). Foi determinado o teor de Cr na fibra mordantada a fim de comprovar a fixação do elemento no material tratado (UDÉN et al., 1980), o qual apresentou teor médio de 2,0%. O material preparado e devidamente seco foi administrado individualmente aos animais junto à cana-de-açúcar, na quantidade de 100 g de cada variedade em dose única. O Co-EDTA foi ministrado oralmente aos animais diluindo-se 5 g em 100mL de água e fornecido através de sonda constituída de material plástico flexível de forma que não causasse ferimentos aos animais e com tamanho aproximado de 60 cm, permitindo a administração do marcador no conteúdo ruminal.

Após o fornecimento da fibra mordantada e do Co-EDTA, as amostras de fezes foram coletadas nos seguintes tempos após a infusão do marcador: 0; 4; 8; 12; 16; 20; 24; 28; 32; 36; 40; 44; 48; 56; 64; 72; 80; 88; 96; 108; 120; 132; 144; 156; 168; 180; 192; 204 e 216 horas.

Os teores de Cr e Co-EDTA foram dosados utilizando-se a metodologia descrita por Williams et al. (1962).

O modelo matemático utilizado para analisar os dados da dinâmica de partículas no rúmen-retículo foi proposto por Matis et al. (1989):

$$C_t = \varepsilon, \quad 0 \leq t < \tau,$$

$$C_t = C_0 k_e \left\{ \delta^N \exp[-k_e(t-\tau)] - \exp[-\lambda_r(t-\tau)] \times \sum_i^N \delta^i [\lambda_r(t-\tau)]^{N-i} / (N-i)! \right\} + \varepsilon, \quad t \geq \tau,$$

sendo as variáveis definidas como se segue:

C_t , concentração do indicador de partículas nas fezes ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de matéria seca fecal);

C_0 , razão entre a massa de indicador de partículas e a massa de fibra no *raft*, para $t = 0$;

k_e , taxa de escape do pool de partículas dispersas na fase líquida do rúmen-retículo;

t , tempo;

τ , tempo de trânsito levado para o surgimento de partículas nas fezes;

λ_r , taxa de transferência de partículas do *raft* para o pool de partículas escapáveis dispersas na fase líquida no interior do rúmen-retículo;

N , número inteiro positivo representante da ordem de dependência no tempo para transferência de partículas do *raft* para o pool de partículas escapáveis;

i , índice aplicado as variáveis tempo dependentes, variando de 1 a N ;

ε , erro aleatório suposto normal, independente e identicamente distribuído, com media 0 e variância σ^2 .

A dinâmica da fase líquida foi estimada com base no modelo unicompartimental sugerido por Pond et al. (1988):

$$\begin{cases} C_t = \varepsilon, 0 \leq t \leq \tau \\ C_t = C_0 (\lambda_r t)^i e^{-\lambda_r t} / (F \cdot i!) + \varepsilon, t > \tau \end{cases}$$

A taxa de passagem de líquidos pelo rúmen-retículo corresponde a $k_l = F \times \lambda_r$.

Ainda, de acordo com Pond et al. (1988), o tempo médio de retenção de partículas e de líquido no rúmen-retículo pode ser assim estimado:

$$\begin{cases} \text{partículas: } TMRR_p = \frac{N}{\lambda_r} + \frac{1}{k_e}; \\ \text{líquido: } TMRR_l = \frac{N}{\lambda_l}; \end{cases}$$

A digestibilidade ruminal verdadeira da fibra foi determinada segundo proposto por Vieira et al. (2008) no modelo matemático descrito a seguir:

$$D_{FDNf} = \bar{D}_{FDN} / [A_{FDN} F_{FDN}] = k_d \left\{ v \sum_{i=1}^N [\lambda^{i-1} / (\lambda_r + k_d)^i] \lambda_r^N / [(\lambda_r + k_d)^N (k_e + k_d)] \right\}$$

D_{FDN} , coeficiente de digestibilidade ruminal verdadeira da fibra;

\bar{D}_{FDN} , quantidade média de fibra digerida;

A_{FDN} , fração potencialmente digerível da FDN;

F_{FDN} , quantidade de FDN ingerida;

k_d , taxa de degradação da fração potencialmente degradável;

v , variável binária para a qual são imputados os valores (0 ou 1) em condições especificadas; e as demais variáveis contidas no modelo definidas anteriormente.

Os resultados foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAS (1985).

Resultados e Discussão

Os resultados referentes aos tratamentos avaliados para os tempos médios de retenção das partículas nas fases sólida e líquida do compartimento rúmen-retículo, a digestibilidade ruminal verdadeira da fibra e o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico ($PV^{0,75}$) são descritos na Tabela 5.

O tempo médio de retenção para fase sólida (TS) não diferiu entre os tratamentos testados ($P > 0,05$), o que apesar da amplitude dos resultados médios (40,3 a 55,1hs) apresentou elevado coeficiente de variação, implicando na igualdade estatística dos tratamentos. Entretanto, cabe ressaltar o valor observado para esta variável na variedade RB835486, que foi 11,5 e 14,8 hs menor do que o observado para as variedades RB855536 e SP80-1842, respectivamente. Neste sentido, por se tratar de uma variável proveniente da relação direta entre o animal e a dieta alimentar a qual estão submetidos, e que os tratamentos constituintes exclusivos da dieta apresentaram composição química com pequena variação entre os teores das variáveis analisadas (Tabela 6) e os animais utilizados apresentavam características que conferiam, aos mesmos, uniformidade em peso, idade e tamanho. Desta forma, a combinação dos componentes do sistema, composição química dos tratamentos, os animais e a condição de manejo corroboram para a semelhança estatística observada entre os tratamentos para esta variável.

O tempo médio de retenção de partículas na fase líquida do compartimento rúmen-retículo fornece a informação referente as partículas alimentares que adquiriram propriedades específicas para o escape. Tal informação permite fazer inferência sobre o tempo necessário para o surgimento das primeiras partículas do alimento avaliado nas fezes. Por outro lado, é fato que como detectado no presente estudo, os valores observados para esta variável são significativamente inferiores ao tempo demandado para fase sólida. Pois, a diferença característica entre as partículas alimentares presentes em cada fase do compartimento rúmen-retículo, como: tamanho, densidade e gravidade específica, flutuabilidade etc, conferem a partícula propriedade de escape do referido compartimento.

A semelhança estatística observada entre as variedades de cana-de-açúcar, constituintes dos tratamentos testados, para variável tempo médio de retenção da fase líquida do compartimento rúmen-retículo, pode ser devido ao coeficiente de variação observado (22,47%). Porém, tal como ocorrido para o tempo médio de retenção da fase sólida, a variedade RB835486 se destaca numericamente por apresentar para o tempo médio de retenção da fase líquida 7,8 e 4,5hs a menos do que as variedades RB855536 e SP80-1842, respectivamente.

Os experimentos de pesquisa envolvendo animais de grande porte, por exemplo, bovinos, são: onerosos, laboriosos e demandam tempo para obtenção de resultados. Por outro lado, os resultados obtidos representam a realidade ocorrida com os animais nas fazendas, desde que as condições experimentais reproduzam as condições normais de exploração dos animais em dado regime de manejo e alimentação.

Os resultados obtidos no presente estudo, para os tempos médios de retenção das fases sólida e líquida, apesar de não ter sido verificada diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos avaliados dado ao alto coeficiente de variação, denotam que a utilização de um maior número de parcelas experimentais possibilitaria evidenciar a diferenciação estatística dos tratamentos.

Para a digestibilidade ruminal verdadeira da fibra (DF) não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos, comportamento semelhante aos tempos médios de retenção das fases sólida e líquida do rúmen-retículo. Neste sentido, mais uma vez foi verificado alto coeficiente de variação quando na determinação desta variável, o que implica a semelhança estatística dos tratamentos.

Tabela 5. Tempo médio de retenção da fase sólida no rúmen-retículo (TS), tempo médio de retenção da fase líquida no rúmen-retículo (TL), digestibilidade ruminal verdadeira da fibra (DF) e consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico (CMS) para as variedades de cana-de-açúcar avaliadas

Variável	Variedades			P	CV (%)
	RB855536	RB835486	SP80-1842		
TS ¹	51,8	40,3	55,1	0,3355	28,32
TL ¹	21,6	13,8	18,3	0,1685	22,47
DF ²	14,2	19,1	19,4	0,0834	23,87
CMS ³	0,0639	0,0645	0,0640	0,9926	12,85

¹ (h); ² (%MS); ³ Unidade de tamanho metabólico ($PV^{0,75}$);

O consumo alimentar dos animais pode ser influenciado por fatores de natureza distinta, o fator físico refere-se à capacidade de ingestão de alimento pelo animal, ou seja, o limite é dado quando o animal ingere quantidade suficiente de alimento causando o efeito de enchimento ou rúmen *fill*, efeito este de repleção ruminal comumente observado com animais alimentados com forrageiras tropicais e/ou volumosos de baixa qualidade que apresentam fração fibrosa de baixa qualidade e digestibilidade ruminal, o que necessariamente não garante que as necessidades fisiológicas serão atendidas por tal quantidade de alimento armazenada. O fator químico ou fisiológico limitante do consumo animal é caracterizado pelo atendimento da demanda nutricional do animal quando alimentado com dieta balanceada, ou seja, a limitação neste caso seria devido à qualidade da dieta fornecida e não da quantidade.

O consumo de alimentos pelos animais está diretamente relacionado com o conteúdo de parede celular vegetal, ou seja, o conteúdo de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (MERTENS, 1987). Neste sentido, não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliados para o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico. Entretanto, os tratamentos diferiram estatisticamente ($P<0,05$) para os teores de FDN, onde o tratamento constituído pela variedade RB855536 teve o menor teor, diferindo dos demais que foram estatisticamente iguais. Contudo, apesar da diferença estatística ($P<0,05$) entre os tratamentos avaliados para o teor de FDN possivelmente devido ao pequeno valor observado para o coeficiente de variação, pode-se inferir que esta variável não tenha efeito sobre o consumo de matéria seca.

Para os valores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foi observada diferença significativa ($P<0,05$) entre os tratamentos, tendo as variedades RB855536 e RB835486 apresentado os menores valores e não diferindo entre si, porém, diferindo da variedade SP80-

1842. Neste sentido, dado ao reduzido coeficiente de variação observado na análise desta variável e apesar da pequena amplitude dos valores observados para os tratamentos testados, pode-se justificar a diferença estatística detectada.

Para o tratamento representado pela variedade RB835486 foi detectado o menor valor para o teor de matéria mineral, não diferindo ($P>0,05$) estatisticamente do tratamento SP80-1842, porém diferindo do tratamento RB855536, que foi semelhante estatisticamente ao SP80-1842. Os valores do erro padrão e do coeficiente de variação detectados para esta variável contribuem para diferenciação entre os tratamentos.

A cana-de-açúcar é considerada forrageira pobre em proteína bruta e esse teor na formulação de rações comumente é ignorado para efeito de contabilizar a proteína da dieta. Neste sentido, o teor de proteína bruta (PB) observado para o tratamento RB835486 foi diferente estatisticamente dos demais tratamentos que não diferiram entre si.

Não foi observada diferença estatística ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliados para as variáveis: matéria seca (MS), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). No tocante ao teor de matéria seca, pode-se explicar a semelhança estatística dos tratamentos devido ao valor verificado para o erro padrão da média. Para o teor de lignina, o erro padrão e o coeficiente de variação foram elevados influenciando o resultado estatístico observado. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca observada entre os tratamentos foi acompanhada de um elevado valor para o erro padrão da média, o que apesar do baixo coeficiente de variação colaborou para semelhança estatística entre os tratamentos.

Tabela 6. Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), matéria seca (MS), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das variedades de cana-de-açúcar (tratamentos) avaliadas

Variável	Tratamento			Média ¹	Erro Padrão	CV ¹
	RB855536	RB835486	SP80-1842			
FDN ²	43,60b	44,68a	44,97a	44,42	0,0656	0,51
FDA ²	28,31b	28,61b	29,65a	28,85	0,0924	1,10
MM ²	2,66a	2,36b	2,44ab	2,49	0,0429	5,97
PB ²	2,83a	2,24b	2,88a	2,65	0,0217	2,84
MS ¹	27,43	28,17	28,97	28,19	0,3094	3,80
LIG ²	3,53	4,49	5,03	4,53	0,2699	21,49
DIVMS ²	66,47	67,92	65,47	66,62	0,3760	1,95

¹ (%); ² % Matéria seca; ³ Média geral e Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A análise conjunta de duas variáveis permitiria fazer inferências caso fosse evidenciada diferença significativa entre os tratamentos para o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico. Desta forma, Gooding (1982) descreve que variedades de cana-de-açúcar com menor teor de FDN e lignina, permitirão maior consumo de açúcar do que variedades que possuam conteúdo de açúcar igual, ou mesmo com conteúdo de açúcar um pouco maior, porém com maior teor de fibra.

Conclusões

Nas condições experimentais do presente estudo, não foram observadas diferenças entre os tratamentos testados para os tempos médios de retenção das fases sólida e líquida, a digestibilidade ruminal verdadeira da fibra e para o consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico.

Foi selecionada a variável RB855536 em detrimento as demais para a próxima etapa do trabalho por ter apresentado menor conteúdo de parede celular (FDN) e ainda foram considerados aspectos práticos, como maior resistência ao tombamento, não floresce e maior escala de cultivo nas regiões norte e noroeste fluminense.

Referências Bibliográficas

CONRAD, H. R., PRATT, A. D., HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I-Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 47, n. 1, p. 54-62. 1964.

GOODING, E. G. B. Efecto de la calidad de la caña sobre su valor como alimento para alimento para bovinos. **Tropical Animal Production**, Edinburg, v. 7, n. 1, p. 76-97, Mar. 1982.

MATIS, J. H., WEHRLY, T. E., ELLIS, W. C. Some generalized stochastic compartmental models for digesta flow. **Biometrics**, v. 45, p. 703–720, 1989.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science** , v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

POND, K. R. et al. Compartment models for estimating attributes of digesta flow in cattle. **British Journal of Nutrition**, v. 60, p.571-595, 1988.

PRESTON, T. R.; LENG, R. A. Utilization of tropical feeds by ruminants. In: RUCKBUSH, T.; THIVELAND, P. (Ed.). **DIGESTIVE PHYSIOLOGY AND METABOLISM IN RUMINANTS**. Westport, AVI, p. 620-640, 1980.

SAS. 1985. SAS/STAT. User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC.

UDÉN, P.; COLUCCI, P. E.; VAN SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal Science Food Agriculture**, v. 31, n.3, p. 625-632, 1980.

VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. **Journal of Theoretical Biology**. (2008), doi:10.1016/j.jtbi.2008.08.013.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal Agriculture Science**, 59(3):381-385, 1962.

Trabalho 3 – Influência dos aditivos óxido de cálcio e *Lactobacillus buchneri* sobre a qualidade e as perdas de fermentação da silagem de cana-de-açúcar

Resumo

Foram avaliadas a composição química, os produtos de fermentação, as perdas gasosas e por efluentes e a digestibilidade das silagens de cana-de-açúcar sem adição ou com adição de óxido de cálcio (CaO) nos níveis 0,8, 1,6 e 2,4%, em associação com o aditivo biológico *Lactobacillus buchneri* (*buch*) nos níveis zero, 50.000, 100.000 e 150.000ufc/g de matéria natural (MN). Foi utilizada a variedade RB855536, cana planta colhida aos 12 meses. O experimento foi realizado segundo o delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 4×4 (níveis do aditivo químico e do biológico). Foram avaliados nas silagens os teores de ácidos graxos voláteis e láctico, o teor de etanol, o pH, os teores de FDN, FDA, lignina, MS e MM, a DIVMS e as perdas gasosas e por efluentes. Os resultados foram analisados utilizando-se os sistemas estatísticos SAEG e SAS. Foi observado efeito de interação ($P < 0,05$) entre os aditivos químico (CaO) e biológico para o teor do ácido láctico, acético, propiônico, butírico, teor de etanol, perda gasosa e por efluente, teor de FDN, FDA, lignina. Entretanto, não foi observado efeito de interação para o teor de MS, MM, pH e DIVMS. Para as variáveis em que houve interação dos aditivos fez-se o desdobramento avaliando-se o efeito dos níveis de um aditivo em cada nível do outro. O nível de 1,6% de CaO associado ao nível de 50.000ufc/gMN do inoculante biológico proporcionou teor adequado de ácido láctico com média superior a 4,5% e de ácido acético em torno de 1%, teor moderado de ácido propiônico com média de 0,55%, teor de ácido butírico de 0,05% e controlou a fermentação alcoólica e as perdas gasosa e por efluentes. O óxido de cálcio promoveu a hidrólise da fibra, com redução dos teores de FDN, FDA e lignina e elevação da DIVMS. Os teores de matéria seca e matéria mineral e o pH das silagens foram influenciados pela tratamento com óxido de cálcio, não sendo afetados de forma consistente pelo aditivo biológico.

Palavras-chave: silagem de cana-de-açúcar, óxido de cálcio, *Lactobacillus buchneri*, ácidos orgânicos

Influence of addition of calcium oxide and *Lactobacillus buchneri* on quality and fermentation losses of sugarcane silage

Abstract

They were evaluated the chemical composition, the fermentation products, the gaseous and effluent losses and the digestibility of sugarcane silages without CaO or with CaO addition, at the levels of 0.8, 1.6 and 2.4%, in association with the microbial additive *Lactobacillus buchneri* inoculated at the levels of zero, 50,000, 100,000 e 150,000 ufc/g of sugarcane, wet bases. The variety RB855536, harvested after 12 months of first growth was used. The experiment design was the completely randomized design, in a 4 × 4 factorial arrangement. They were evaluated in the silages the contents of volatile fatty acids, latic acid, ethanol, NDF, ADF, lignin, DM, ash and the pH and IVDMD, as well as the gaseous and effluent losses. In the analysis of the data, the SAS and the SAEG systems were utilized. It was observed interaction effect of between the chemical and microbial additive over the contents of of latic acid, acetic acid, propionic acid, butiric acid, ethanol, NDF, ADF and lignin and over the gaseous and effluents losses. However there was no interaction effect regarding to contents of DM and ash, pH and IVDMD. When it was observed interaction effect of additives, the effects of the levels of one additive were evaluated by regression analysis in each level of each other, and vice-versa. The level 1,6% of CaO associated to the level 50,000ufc/g of natural matter of *Lactobacillus buchneri* provided adequate levels of latic acid (superior to 4.5%), and of acetic acid (around 1%), moderate content of propionic acid (0.55%), low content of butiric acid (0,05%) and controlled the production of ethanol and the gaseous and effluent losses. Calcium oxide promoted the hidrolisis of fiber, with reduction of NDF, ADF and lignin contents and improvement of IVDMD. The contents of DM, ash and the o pH of the silages were influenced by CaO addition, but were not affectted consistently by microbial inoculation.

Key Words: sugarcane silage, calcium oxide, *Lactobacillus buchneri*, organic acid

Introdução

Várias alternativas economicamente viáveis têm sido buscadas para amenizar os efeitos da forte sazonalidade na produção de forragens nas regiões de clima tropical, em função das variações climáticas durante o ano, com elevada produção na primavera-verão e baixa produção no outono-inverno. Dentre estas, tem sido utilizado o diferimento de pastagem, que consiste na reserva de uma área de pasto para utilização no período de escassez de forragem e a manutenção de reservas forrageiras na propriedade na forma de capineiras e de canaviais. Entretanto, as pastagens diferidas têm baixo valor nutritivo, requerendo o uso de suplementos e o fornecimento diário de forragens verdes a rebanhos numerosos, em sistema de suplementação alimentar ou confinamento total, demanda mão-de-obra para corte diário, carregamento, despalha, processamento e fornecimento, fatores que oneram e até mesmo comprometem o sucesso da atividade. A conservação de forragens utilizando-se as técnicas de ensilagem e a fenação permite a otimização da utilização da mão-de-obra na propriedade, eliminando as tarefas diárias de colheita e processamento da forragem *in natura*.

Nas regiões norte e noroeste fluminenses a cana-de-açúcar constitui o recurso forrageiro mais abundante para suplementação animal. Entretanto, a produção de silagem de cana-de-açúcar é questionada quanto a sua eficácia, quando se compara a qualidade da planta *in natura* com a qualidade de sua silagem, em função do processo fermentativo anaeróbico ocorrido dentro do silo com a cana-de-açúcar, sujeito à elevada fermentação alcoólica promovida por leveduras e elevadas perdas de matéria seca dada a produção de etanol e CO₂. O uso de aditivos que possibilitem a inibição da ocorrência e proliferação de microrganismos indesejáveis ao processo, como leveduras, mofos, bolores e fungos, deve ser considerado como fator essencial. Desta forma, silagens exclusivas de cana-de-açúcar comumente têm qualidade deficiente, em relação às silagens nas quais foram utilizados aditivos capazes de inibir a ocorrência e proliferação de microrganismos indesejáveis.

O CaO tem sido introduzido como aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar como forma de melhorar o processo fermentativo, objetivando-se estimular a fermentação láctica e reduzir a produção de etanol, além de hidrolisar componentes da fibra, elevando a digestibilidade. Aditivos biológicos, dentre os quais o *Lactobacillus buchneri*, têm sido igualmente indicados para o controle da fermentação alcoólica por promover a fermentação heteroláctica, com produção de ácido láctico, acético e propiônico. O ácido acético controlaria a fermentação

alcoólica em meio anaeróbico por inibir o crescimento das leveduras e aumentaria a estabilidade aeróbica da silagem após a abertura do silo.

Objetivou-se, na presente pesquisa, avaliar o efeito de níveis de CaO e *Lactobacillus buchneri* e de suas associações sobre características fermentativas e bromatológicas da silagem de cana-de-açúcar.

Material e Métodos

Foram avaliadas silagens contendo aditivos químico e microbiano. Estudou-se a associação de quatro níveis de óxido de cálcio (CaO) com quatro níveis de *Lactobacillus buchneri* (*buch*). O experimento foi conduzido na unidade de apoio à pesquisa em Zootecnia e Nutrição Animal do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, em Campos dos Goytacazes-RJ.

A cana-de-açúcar foi colhida aos doze meses de idade, cana planta, na Usina Santa Cruz, localizada no município de Campos dos Goytacazes. O corte foi realizado a uma altura de 5 cm do solo; sendo confeccionadas as silagens contendo associações do aditivo químico CaO com o biológico *Lactobacillus buchneri* nos níveis apresentados na Tabela 7, na matéria natural.

A variedade utilizada para produção de silagem foi a RB855536, que no momento do corte apresentou concentração de açúcar total de 21 ⁰Bx.

Tabela 7. Níveis do aditivo químico (CaO) e biológico (*Lactobacillus buchneri*) (*buch*) e suas associações adicionados na ensilagem da cana-de-açúcar

Aditivo Químico	Aditivo Biológico - ufc ¹			
	Sem	50.000 Buch ²	100.000 Buch ²	150.000 Buch ²
0,8 % CaO	0,8 CaO + 50.000 Buch	0,8 CaO + 100.000 Buch	0,8 CaO + 150.000 Buch	
1,6 % CaO	1,6 CaO + 50.000 Buch	1,6 CaO + 100.000 Buch	1,6 CaO + 150.000 Buch	
2,4 % CaO	2,4 CaO + 50.000 Buch	2,4 CaO + 100.000 Buch	2,4 CaO + 150.000 Buch	

¹. Unidade formadora de colônia por grama de matéria natural (UFC/g MN)

². *Lactobacillus buchneri*

O aditivo químico (CaO) foi aplicado na sua forma comercial, micro-pulverizado, e o aditivo biológico *Lactobacillus buchneri* (*buch*) foi aplicado, com o uso de pulverizador manual com capacidade para 0,5 L, à cana-de-açúcar picada antes do enchimento dos silos experimentais, de forma a se obter distribuição uniforme sobre a massa ensilada, diluindo-se as doses utilizadas em 100 mL de água.

Como silos experimentais foram utilizados baldes plásticos de 15 L, os quais foram vedados com lona plástica para simular a vedação dos silos de campo. No fundo de cada silo experimental foram colocados 2 kg de areia seca separada da silagem por duas camadas de tela plástica com malha fina e tecido de algodão, para impedir o contato da areia com o material ensilado e permitir absorção e posterior determinação quantitativa dos efluentes.

Na ensilagem, o material foi compactado com tronco de madeira (mourão de eucalipto), sendo adicionadas em sequência camadas de 5 a 10 cm de espessura da cana-de-açúcar picada. A quantidade de cana a ser armazenada em cada silo experimental foi pesada previamente, em função do volume do silo, de forma a se obter densidade o mais próximo possível de 650 kg/m³ no material ensilado. Após o enchimento, cada silo experimental foi fechado com lona plástica, amarrado com tiras circulares de câmara de ar de pneu automotivo, vedado com fita adesiva e pesado.

A perda de matéria seca na forma de gás foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$PG = \frac{(PSI - PSF)}{MSI} \times 100, \text{ em que:}$$

PG = perda por gases (%MS);

PSI = peso do silo no momento da ensilagem (kg);

PSF = peso do silo no momento da abertura (kg);

MSI = matéria seca ensilada (quantidade de forragem em kg \times % MS).

Após a retirada da silagem, o conjunto silo, areia, tela e tecido de náilon foi pesado para quantificação do efluente produzido. A perda por efluente foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$PE = \frac{(PSAF - PSAI)}{MNI} \times 1000, \text{ em que:}$$

PE = produção de efluente (kg de efluente/ton de matéria verde ensilada);

$PSAF$ = peso do conjunto silo, areia, tela de náilon e tecido de algodão após a abertura (kg);

$PSAI$ = peso do conjunto silo, areia, tela de náilon e tecido de algodão antes da ensilagem (kg);

MNI = quantidade de forragem ensilada (kg).

Na avaliação da cana *in natura* foram determinados os teores de MS, FDN, FDA, lignina e MM segundo Silva & Queiroz (2002), e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) segundo Tilley & Terry (1963). Nas silagens, o pH foi medido com o auxílio de um potenciômetro digital, seguindo a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). Para determinação do teor de etanol das silagens foram preparadas soluções das amostras frescas tomando-se 25 g de silagem, adicionando-se 225 mL de água destilada processando-se em liquidificador por um minuto. As soluções foram coadas numa primeira etapa com o auxílio de uma peneira de uso doméstico e, em seguida, utilizando-se tecido de náilon com abertura de malha de 50 μm . Depois de coadas, as soluções foram centrifugadas numa rotação de 12000 RPM (KUNG Jr., 1996). Após o procedimento de centrifugação, a solução sobrenadante foi transferida para tubos de eppendorf com capacidade volumétrica de 2 mL, que foram armazenados em freezer.

O teor de etanol foi determinado por meio de cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama acoplado com uma coluna capilar modelo LM-100 fase líquida, série CB, Nº 331095, com 25 metros de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. As condições cromatográficas estabelecidas para determinação foram condicionadas em esquema de “rampa” com temperatura do injetor de 250 $^{\circ}\text{C}$, detector de 250 $^{\circ}\text{C}$ e da coluna a 35 $^{\circ}\text{C}$, permanecendo por sete minutos, elevando-se gradualmente em 100 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ até atingir a temperatura de 200 $^{\circ}\text{C}$, e assim permanecendo por dez minutos. A cada solução proveniente das amostras de silagem foi adicionado um volume conhecido do composto 2-metil5-butanol usado como padrão interno na proporção de 2:1 (amostra:padrão interno). A concentração de etanol das amostras foi calculada tomando-se a razão entre as áreas dos picos do analito (etanol) e o padrão interno, relacionando este valor a uma equação fornecida pela curva de calibração padrão construída com diferentes concentrações de etanol e a mesma concentração de padrão interno adicionadas nas amostras de silagem (SOUZA, 2008).

Os ácidos orgânicos foram identificados e quantificados por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência), por meio de um cromatógrafo da marca Shimadzu (CLASS LC 10), com detector UV (SPD-M10A), no comprimento de onda de 230 nm, utilizando coluna C-18 de fase reversa (250 x 4,6 mm). O volume injetado da amostra foi de 20 μL . Utilizou-se como fase móvel água com 0,1% de ácido fosfórico, com fluxo de 1 mL/min. Os picos correspondentes a cada ácido foram identificados pelo tempo de retenção, utilizando-se como comparação os tempos de retenção dos padrões (SILVA et al., 2002).

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em que os tratamentos foram as associações dos quatro níveis do aditivo biológico com quatro níveis do aditivo químico CaO em esquema fatorial, totalizando 48 parcelas.

Os resultados referentes aos níveis dos ácidos orgânicos avaliados e etanol foram expressos com base na matéria seca. Na análise estatística dos dados de cada experimento efetuou-se inicialmente a análise de variância, incluindo-se no modelo os efeitos do aditivo biológico, do aditivo químico e da interação dos aditivos biológico e químico, além do erro termo. Por se tratar de níveis quantitativos crescentes dos aditivos químicos e biológico os efeitos de ambos foram desdobrados em efeito linear, quadrático e cúbico. Quando houve efeito de interação de aditivo biológico e químico, foram ajustadas equações de regressão dos níveis de um aditivo para cada nível do outro. Os efeitos cúbicos foram desconsiderados devido à ausência de significado biológico.

Resultados e Discussão

As análises de variância referentes ao modelo completo são apresentadas no apêndice. A composição química da cana-de-açúcar *in natura* no momento da ensilagem é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8. Composição bromatológica da cana-de-açúcar *in natura* no momento da ensilagem

Item	Variável					
	MS ¹	FDN ²	FDA ²	Lignina ²	MM ²	DIVMS ²
Cana-de-açúcar	25,94	44,18	26,37	3,93	3,00	55,47

¹ % matéria seca; ² expressos em % da matéria seca

Não se verificou efeito de interação ($P > 0,05$) do nível de *buch* com o nível de CaO para o pH da silagem. O efeito de interação ocorreu, entretanto, para ácido láctico, acético, propiônico, butírico, etanol, perda por gás e perda por efluente. Desta forma, procedeu-se o

desdobramento das interações, avaliando-se o efeito dos níveis de um aditivo em cada nível do outro.

Os resultados referentes aos teores dos ácidos láctico(1a), acético(1b), propiônico(1c), butírico(1d), de etanol(1e), ao pH(1f) e as perdas por gases (2a) e por efluentes (2b), em função do nível de adição do *Lactobacillus buchneri* (*buch*), para cada nível de óxido de cálcio, são apresentados, respectivamente, na Figura 1 e 2. As equações de regressão dos vários produtos de fermentação em função do nível do aditivo microbiano, em cada nível de CaO, são apresentadas na Tabela 9.

Não se verificou efeito de regressão ($P > 0,05$) do nível de *buch* sobre o teor de ác. láctico da silagem para níveis de CaO de 0,8 e 1,6% (Figura 1a). Entretanto, o teor médio de ácido láctico para o nível de 1,6% de CaO foi elevado, superior a 4,5%, enquanto para o nível 0,8% da CaO verificou-se teor médio de ác. láctico de 3,24%. No nível de 2,4% de CaO verificou-se efeito quadrático dos níveis de *Lactobacillus buchneri*, com ponto de mínimo para o nível de *buch* de 64.860 ufc/gMN, ao qual corresponderia o teor de ácido láctico na silagem de 1,84% na MS. Na ausência de CaO (nível zero de CaO) houve efeito quadrático de *buch* para o ácido láctico (Figura 1a), com ponto de máximo no nível de 190.323 ufc/gMN de *buch* e teor correspondente de 3,21% ácido, o que é uma extrapolação, uma vez que foi superior ao maior nível do inoculante microbiano testado.

O ácido láctico tem pKa menor que o ácido acético, e por isso é um ácido mais forte. Na faixa de pH normalmente encontrada nas silagens, o ácido acético encontra-se menos dissociado que o ácido láctico, o que lhe permite penetrar na membrana plasmática das leveduras. O ácido acético na forma não ionizada penetra por difusão passiva na célula da levedura, onde pode afetar tanto a absorção de fosfato, por interferência química na membrana plasmática, como na atividade de enzimas glicolíticas, ou ainda reduzir o pH intracelular, acarretando maior consumo de ATP pelo microrganismo para remover íons H^+ do interior das células, após sua dissociação. Esse mecanismo leva à exaustão energética da célula de levedura, inviabilizando-a (FERRO, 1994). Desta forma, o ácido acético pode inibir a fermentação alcoólica promovida pelas leveduras, responsáveis pelos altos níveis de etanol na silagem de cana-de-açúcar. Embora o ácido acético se forme a partir do ácido láctico, o qual tem sido utilizado como indicador de silagem de boa qualidade, por abaixar o pH da silagem para níveis favoráveis a sua conservação, reduzir as perdas por efluentes e de matéria seca e não ter efeito restritivo sobre o consumo (MCDONALD et al., 1991). No caso específico da silagem de cana-de-açúcar, é desejável a produção de ácido acético, dentro de certos limites. O ácido acético, em altas concentrações, limita o consumo voluntário, reduzindo o

desempenho animal (MCDONALD et al., 1991). Entretanto, em níveis limitados, tem o efeito favorável de reduzir a fermentação alcoólica, melhorando a estabilidade aeróbica da silagem, por inibir o crescimento das leveduras e mofos (PEDROSO, 2003).

Nas figuras 1a e 1b pode-se perceber a existência de relação negativa entre os níveis de ácido láctico e acético. A inclusão do CaO no nível de 1,6% proporcionou os mais elevados teores de ácido láctico na silagem e, ao mesmo tempo, baixos níveis de ácido acético. O nível zero de CaO (apenas aditivo biológico) resultou nos níveis mais baixos de ácido láctico e nos níveis mais elevados de ácido acético. Para o nível de 2,4% de inclusão de CaO, verificou-se efeito quadrático de *buch* com ponto de mínimo para ácido láctico correspondendo a 64.800 ufc/gMN, enquanto para o ácido acético verificou-se efeito quadrático de *buch*, com ponto de máximo para 81.840 ufc/gMN. A inclusão de CaO no nível de 2,4% proporcionou ainda os segundos mais baixos níveis de ácido láctico e os segundos mais altos níveis de ácido acético, dentre os quatro níveis de inclusão de CaO. Por sua vez, o nível de 0,8% de CaO resultou nos segundos mais altos níveis de ácido láctico e nos segundos mais baixos níveis de ácido acético. A relação negativa acima descrita entre os ácidos acético e láctico prende-se, conforme já referido, ao fato de que a produção de ácido acético ocorre pela metabolização do ácido láctico pelo *Lactobacillus buchneri* (DRIEHUIS et al., 1999).

Todas as combinações de doses entre os aditivos biológico e CaO descreveram respostas quadráticas para o ácido acético. O inoculante microbiano isolado (zero de CaO) trouxe aumento gradativo do teor de ácido acético, passando por um ponto de máximo no nível de 72.200 ufc/gMN. O nível de óxido de cálcio de 2,4% descreveu comportamento semelhante ao efeito isolado do inoculante, porém verificando-se menor teor de ácido acético no ponto de máximo (81.840 ufc/gMN). No nível de 0,8% de CaO verificou-se efeito quadrático de *buch*, passando um ponto de mínimo para 41.180 ufc/gMN, elevando-se a seguir e atingindo o maior valor de ác. acético dentre os tratamentos no nível de *buch* de 150.000 ufc/gMN. O nível de 1,6% de CaO proporcionou valores médios para o ácido acético próximos de 1%, com tendência de redução em função do aumento da dose de *buch*.

O inoculante microbiano utilizado isoladamente (zero de CaO) não influenciou os níveis de ácido propiônico, ou seja, não se verificou efeito de regressão do nível de *buch* sobre o nível do ácido para este tratamento, sendo estimado o teor médio de ácido propiônico de 0,46%. Nos tratamentos constituídos pelos níveis de óxido de cálcio de 0,8 e 1,6%, combinados com os diferentes níveis de *buch*, verificou-se, respectivamente, efeitos quadrático e linear do nível de *buch* (Tabela 9). Entretanto, ao se analisar as curvas descritas pelas respectivas equações no gráfico (Figura 1c), observam-se aumentos sucessivos do teor

de ácido propiônico com a elevação do nível de *buch*, com pequena diferença entre os tratamentos. A dose de 2,4% de CaO em combinação com os níveis de *buch* resultou em efeito linear ($P < 0,05$) ligeiramente decrescente para o teor de ácido propiônico, correspondendo a este nível de CaO os mais baixos teores de ácido propiônico.

A fermentação butírica é indesejável durante o processo de ensilagem, pois evidencia a ocorrência de fermentação proteolítica, gerando produto de baixa palatabilidade, com reflexos diretos e negativos sobre o consumo animal. Valores para o ácido butírico na silagem da cana-de-açúcar entre 0,04 e 0,1 são adequados e permitem inferir sobre a eficiência fermentativa do processo (SCHMIDT, 2006). Não foi observado efeito de regressão ($P > 0,05$) do nível de *buch* sobre o teor de ácido butírico para os níveis de zero e 0,8% de CaO (Figura 1d), com teores médios estimados de 0,05 e 0,07% deste ácido, respectivamente. Nos níveis de 1,6 e 2,4% de CaO verificou-se efeito quadrático de *buch* ($P < 0,05$) sobre o teor de ác. butírico, com pontos de mínimo para os níveis de 89.000 e 119,231ufc/gMN de *buch* e teores de 0,04 e 0,02% deste ácido, respectivamente. Quando o CaO foi adicionado no nível de 2,4% na ausência de *buch*, ocorreu alta produção de ácido butírico, cujo nível caiu acentuadamente a cada aumento de *buch*, até atingir os níveis mais baixos de todas as silagens nos dois níveis mais elevados de *buch* (Figura 1d). A adição de 1,6% de CaO proporcionou valores satisfatórios de ácido butírico para todos os níveis de *buch*.

O teor de etanol, condicionante direto de perdas durante o processo fermentativo da silagem de cana-de-açúcar, é o principal entrave ao processo de produção de silagem com esta forrageira, visto que sua síntese ocorre às expensas dos carboidratos solúveis (açúcares) presentes no material ensilado. A meta principal a ser alcançada na ensilagem da cana-de-açúcar é a minimização do teor deste componente. Neste sentido, pode-se observar que os aditivos testados foram eficientes em controlar a fermentação alcoólica. Ao se analisar a (Figura 1e) verifica-se que para o tratamento constituído pela silagem exclusiva de cana-de-açúcar (sem adição de *buch* e CaO) os valores de etanol situaram-se acima de 10% na matéria seca e que a dose de inoculante microbiano recomendada pelo fabricante (50.000ufc/gMN), quando na ausência de CaO, proporcionou o valor de etanol de 5% da MS. Entretanto, os níveis mais elevados de *buch* e a associação com o CaO, nos diferentes níveis, mantiveram o teor de etanol abaixo de 2% da MS. Desta forma, faz-se necessário destacar o efeito sinérgico positivo da associação entre as maiores doses dos aditivos testados que foram capazes de praticamente anular a produção de etanol na silagem produzida (Figura 1e).

Para a variável pH não foi observado efeito de interação entre os aditivos utilizados, bem como efeito de regressão do nível de *buch*, observando-se o valor médio de pH de 2,72

nas silagens, para os quatro níveis de CaO em associação com os quatro níveis de *buch*. Esse pH médio possibilita a conservação do material inibindo microrganismos deletérios que comprometem a conservação e o valor nutritivo da silagem, em condição anaeróbica. Entretanto, o pH de forma isolada não deve ser considerado como parâmetro de avaliação da qualidade da silagem estudada, visto que as leveduras, principal microrganismo deletério às silagens de cana, não são inibidas pelo baixo pH, sobrevivendo em limites de pH variando de 3,5 a 6,5, sendo que algumas espécies são capazes de sobreviver inclusive em pH inferior a 2,0 (MCDONALD et al., 1991) e podem promover fermentação alcoólica após a aeração da silagem, com a abertura do silo.

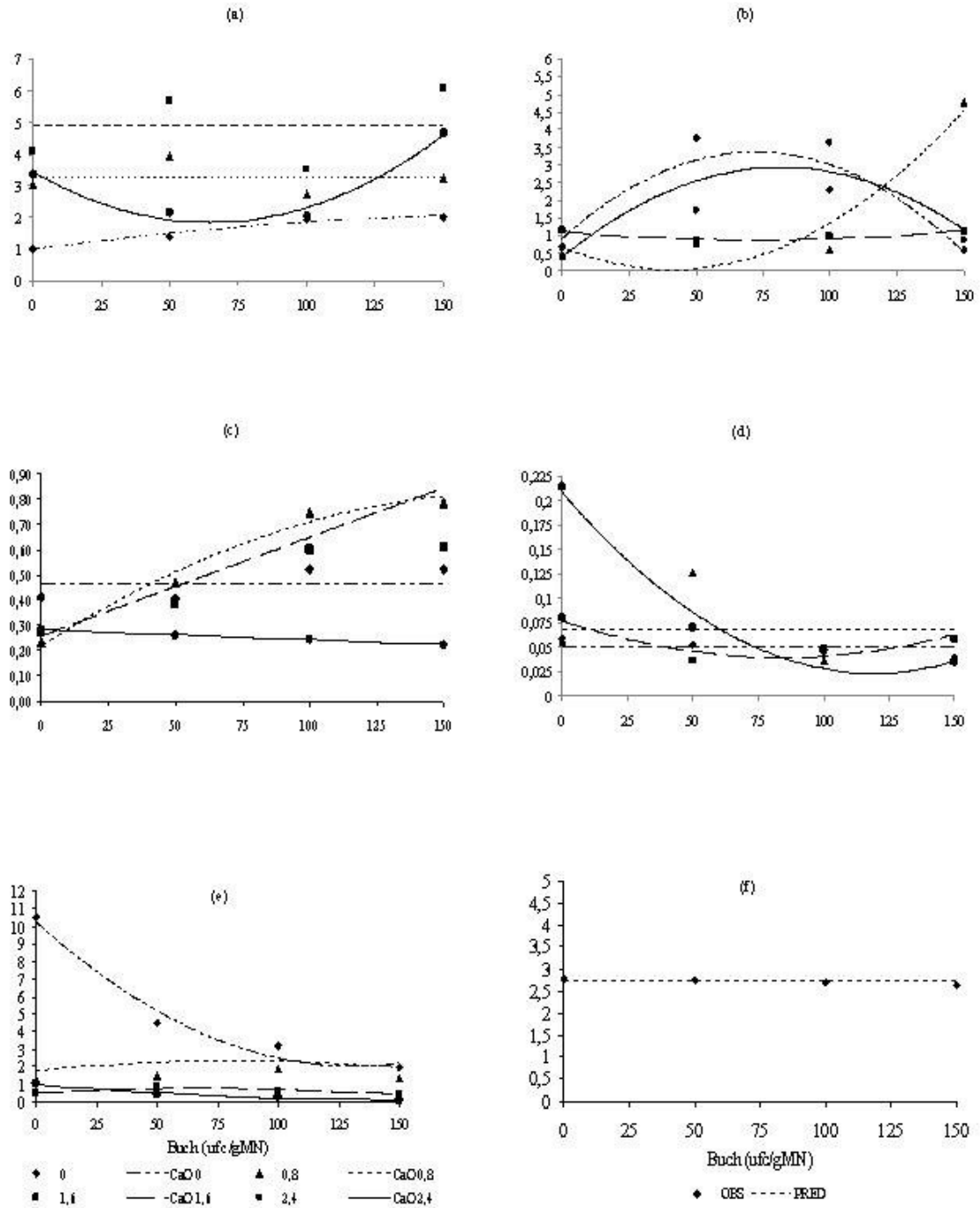


Figura 1. Teores de ácido láctico (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de *lactobacillus buchneri* (*buch*), em cada nível de óxido de cálcio

Verificou-se efeito de interação do aditivo biológico (*buch*) e o CaO sobre as perdas por gases e por efluentes. Desta forma, estudou-se o efeito dos níveis de um fator em cada nível do outro.

As perdas comumente ocorridas durante o processo de ensilagem concorrem para a elevação do custo final do produto, a silagem, representando prejuízos econômicos para a atividade sob os pontos de vista quantitativos e qualitativos. Destaca-se a perda por gases oriundos da metabolização principalmente dos carboidratos solúveis presentes na massa ensilada quer seja em aerobiose devido à presença de ar na mesma ou em anaerobiose, devido a condições favoráveis à atividade dos microrganismos indesejáveis ao processo, como leveduras, fungos, mofos e bolores. Estas perdas podem atingir níveis elevados nas silagens de cana-de-açúcar. O uso de substâncias que inibam ou minimizem as perdas gasosas torna-se essencial ao sucesso da atividade, desde que a um custo justificável.

As perdas por gases foram substancialmente minimizadas pela associação entre os aditivos CaO e *buch*, verificando-se efeitos quadrático e linear do *buch* para os níveis de CaO de 0,8 e 2,4%, respectivamente. Não se verificou efeito de regressão ($P>0,05$) do nível de *buch* sobre as perdas por gases, na ausência de CaO (nível zero de CaO). Neste caso, verificou-se perda média por gases correspondente a 19,34 % da MS, para os vários níveis de *buch*. Isto indica que a adição de *buch* não reduziu as perdas por gases verificadas na silagem na ausência de CaO. Não ocorreu efeito de regressão ($P>0,05$) do nível de *buch* para o nível de CaO de 1,6%. Neste nível de CaO ocorreram as menores perdas por gases na silagem, com valor médio estimado de 8,77% da MS para os quatro níveis de *buch*.

A outra via de perda gravimetricamente determinada é a por efluentes, quantificada pelo conteúdo de chorume percolado da massa ensilada para o material absorvente comumente utilizado nos silos experimentais. No presente estudo, verificou-se efeito quadrático de *buch* sobre a perda por efluentes nos níveis de 0,8 e 2,4% da CaO. Para o nível 0,8% de CaO, verificou-se ponto de máximo correspondente ao nível de 92.100ufc/gMN de *buch*, com perda por efluente estimada de 38,44 kg/ton de matéria verde ensilada. A perda no ponto de máximo para o nível de 0,8% da CaO foi semelhante a perda média verificada na silagem sem adição de CaO, contendo apenas *buch*, para a qual não se verificou efeito de regressão do nível de *buch* ($P<0,05$). Para o nível de 2,4% da CaO verificou-se efeito quadrático com ponto de mínimo para perdas por efluentes no nível de *buch* de 140.000ufc/gMN, correspondendo à perda de 12,94 kg/ton de matéria verde ensilada. Não houve efeito de regressão ($P>0,05$) do nível de *buch* sobre as perdas por efluente para o nível de 1,6% de CaO, sendo estimado valor médio de 11,56 kg/ton de matéria verde ensilada. Não ocorreu, igualmente, efeito de

regressão ($P>0,05$) do nível de *buch* sobre as perdas por efluentes na ausência de CaO (nível zero), observando-se as maiores perdas, com média estimada de 38,60 kg/ton de matéria verde ensilada.

Analisando em conjunto a influência dos diferentes níveis de *buch* em associação aos níveis de CaO, pode-se inferir que o nível de *buch* de 50.000 ufc/gMN, recomendado pelo fabricante, em associação com 1,6% de CaO, mostrou-se adequado, mantendo a fermentação alcoólica, acética e butírica, e as perdas por gases e por efluentes em níveis baixos. Além disso, o nível de 1,6% de CaO em associação com o *buch*, proporcionou os níveis mais elevados de ácido lático, níveis moderados de ácido acético, ligeiramente acima de 1%, níveis moderados de ácido propiônico e manutenção de baixos valores de pH. Além disso, foi tão eficiente quanto o nível de 2,4% de CaO na redução das perdas por gases e por efluentes.

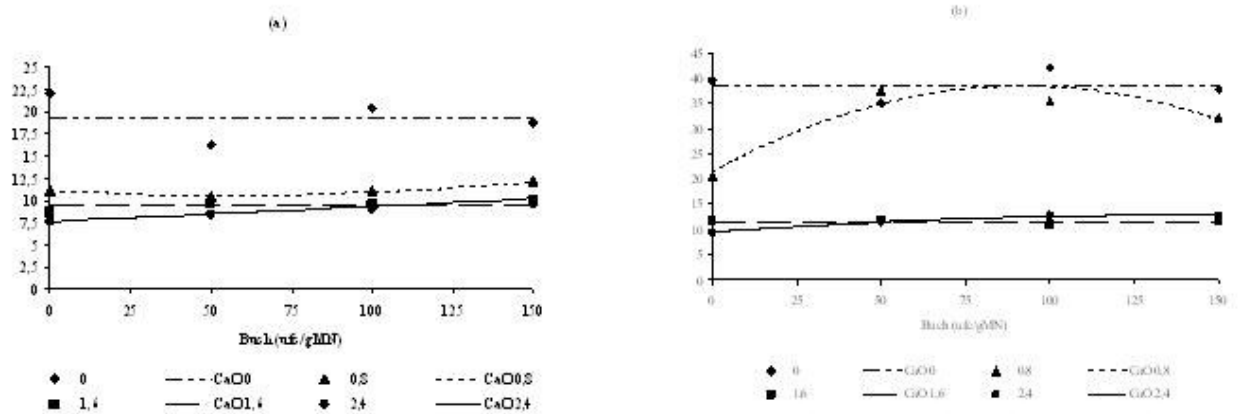


Figura 2. Níveis de perda gasosa (a) e de perda por efluentes (b) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de *Lactobacillus buchneri*, em cada nível de óxido de cálcio

Tabela 9. Equações de regressão dos teores de ácido láctico (LAT), acético (ACET), propiônico (PROP), butírico (BUT), etanol (ETN), pH, perda por gases (PG), perda por efluentes (PE) em função do nível de *Lactobacillus buchneri* (*buch*), em cada nível de óxido de cálcio na silagem

Variável	%CaO	Equação	Pr>F	R ²	CV(%)
LAT	0	$\hat{y} = 0,9742+0,0118x-0,000031x^2$	<.0001	0,94	7,38
	0,8	$\hat{y} = 3,2427$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 4,8553$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 3,4360-0,0493x-0,00038x^2$	<.0001	0,96	8,27
ACET	0	$\hat{y} = 0,9188+0,0679x-0,00047x^2$	0,0002	0,85	31,99
	0,8	$\hat{y} = 0,6828-0,0313x+0,00038x^2$	<.0001	0,90	39,05
	1,6	$\hat{y} = 1,1123-0,0064x+0,000044x^2$	0,0062	0,68	8,66
	2,4	$\hat{y} = 0,3848+0,0622x-0,00038x^2$	0,0527	0,48	69,27
PROP	0	$\hat{y} = 0,4658$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 0,2190+0,0068x-0,000019x^2$	<.0001	0,97	8,1
	1,6	$\hat{y} = 0,2587+0,0039x$	<.0001	0,94	8,36
	2,4	$\hat{y} = 0,2828-0,0004x$	<.0001	0,93	2,67
BUT	0	$\hat{y} = 0,0494$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 0,0691$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 0,0770-0,00089x+0,000005x^2$	0,0007	0,80	14,48
	2,4	$\hat{y} = 0,2080-0,0031x+0,000013x^2$	<.0001	0,97	15,87
ETN	0	$\hat{y} = 10,2802-0,1259x+0,00048x^2$	<.0001	0,96	13,86
	0,8	$\hat{y} = 1,1777+0,0131x-0,00008x^2$	0,0163	0,60	13,50
	1,6	$\hat{y} = 0,5075+0,0069x-0,000051x^2$	0,0167	0,60	22,09
	2,4	$\hat{y} = 0,9782-0,0113x+0,000036x^2$	<.0001	0,95	20,56
pH	-	$\hat{y} = 2,7175$ (ns)			
PG	0	$\hat{y} = 19,3648$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 11,0795-0,0186x+0,00017x^2$	0,0161	0,60	5,20
	1,6	$\hat{y} = 9,4511$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 7,5898-0,0173x$	<.0001	0,86	3,99
PE	0	$\hat{y} = 38,5659$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 21,4747+0,3684x-0,0020x^2$	<.0001	0,90	7,67
	1,6	$\hat{y} = 11,5618$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 9,4133+0,0504x-0,00018x^2$	<.0001	0,96	2,56

ns- não houve efeito de regressão ao nível de 5% de probabilidade

Não se verificou efeito de interação do nível de *buch* com o nível de CaO para MS, MM e DIVMS. Entretanto, o efeito de interação foi observado para os teores de FDN, FDA e lignina.

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) está diretamente relacionado ao consumo animal (MERTENS, 1987). Neste sentido, a inclusão de aditivos promotores da solubilização e redução dos valores de FDN surge como alternativa interessante, disponibilizando componentes da parede celular, insolúveis mais potencialmente degradáveis, para os microrganismos ruminais.

Verificou-se efeito de interação ($P < 0,05$) entre os níveis de *buch* e CaO para FDN (Figura 3a), ocorrendo efeito linear de regressão ($P < 0,05$) do nível de *buch* sobre o teor de

FDN para os níveis de CaO de zero e 1,6% e ausência de efeito de regressão ($P>0,05$) para os níveis de 0,8 e 2,4% de CaO. Para o nível zero de CaO o teor de FDN caiu linearmente com a elevação de *buch*, de 67,6% para o nível zero de *buch* para 52,12% para o nível de 150.000ufc/gMN. Na ausência de CaO, os teores de FDN mantiveram-se mais elevados que nos tratamentos em que se incluiu CaO. Nos níveis de CaO de 0,8 e 2,4 verificaram-se os teores médios de FDN de 57,25 e 44,01, respectivamente, para os diferentes níveis de *buch*. Para o *buch* associado ao nível de 1,6% de CaO verificaram-se os mais baixos teores de FDN, que decresceram linearmente ($P<0,05$) de 47,98% para o nível zero de *buch* para 38,08% para o nível de *buch* de 150.000ufc/gMN. Pode-se concluir, portanto, que o *buch* interagiu com o álcali na solubilização da FDN com maior eficiência para o nível de 1,6% de CaO, sem elevar as perdas por gases ou efluentes, conforme verificado anteriormente. O nível de 2,4% de CaO pode ter interferido no crescimento do *Lactobacillus buchneri*.

A fibra em detergente ácido (FDA) encerra os componentes celulose e lignina. A celulose constitui a principal fonte de carboidrato estrutural para os herbívoros. Entretanto, a presença da lignina e a estrutura formada por este constituinte com a celulose têm ação recalcitrante aos processos digestivos promovidos pelos microrganismos ruminais. A redução dos teores de fibra em detergente ácido de um determinado alimento forrageiro, potencialmente, pode representar maior disponibilização de constituintes da parede celular vegetal insolúveis potencialmente degradáveis para serem metabolizados no trato gastrintestinal dos ruminantes. Neste sentido, verificou-se efeito quadrático do *buch* ($P<0,05$) sobre o teor de FDA, na ausência de CaO, com ponto de mínimo para 104.667ufc/gMN de *buch*, correspondendo ao valor de 37,2% de FDA (Figura 3b). Entretanto, não se verificou efeito de regressão ($P>0,05$) do nível de *buch* sobre o teor de FDA, para os níveis 0,8; 1,6 e 2,4% CaO, sendo estimados os teores médios de 36,0, 31,5 e 31,7% desta fração, respectivamente.

O teor de lignina por si só não pode ser considerado como referência da qualidade nutricional de uma forrageira, embora quando um constituinte de menor digestibilidade encontra-se em maior proporção estará ocupando lugar na parede celular vegetal e reduzindo o percentual dos demais. Ao se comparar gramíneas com leguminosas, o teor de lignina não é um índice adequado, pois as leguminosas forrageiras apresentam em sua constituição elevada fração de lignina e em contrapartida tem maior digestibilidade do que a maioria das gramíneas tropicais que apresentam menor fração da mesma. A maior digestibilidade das leguminosas está fundamentada na maior proporção de conteúdo celular totalmente digestível e no arranjo das estruturas dos tecidos. Para o teor de lignina verificou-se efeito quadrático de regressão

($P < 0,05$) do nível de *buch* na ausência de CaO, com ponto de mínimo verificado para 91.500ufc/gMN de *buch* correspondendo a 7,30% de lignina na matéria seca (Figura 3c). Não ocorreu, entretanto, efeito de regressão do nível de *buch* ($P > 0,05$) sobre o teor de lignina para os níveis de CaO 0,8; 1,6 e 2,4%. Entretanto, os teores médios de lignina para os referidos níveis foram inferiores ao verificado no ponto de mínimo nos tratamentos contendo *buch* na ausência de CaO.

Com relação ao teor de matéria mineral, não houve efeito de interação ($P > 0,05$) de *buch* e o CaO, nem de regressão do nível de *buch*. Portanto, o teor médio de matéria mineral observado nas silagens, de 5,35%, é representativo para os níveis de *buch* avaliados (Tabela 10). Para o teor de matéria seca, de forma análoga ao teor de matéria mineral, não foi observado efeito de regressão ($P > 0,05$) do nível de *buch*, nem interação entre o aditivo biológico e o CaO (Tabela 10 e Figura 3e). Desta forma, o valor médio de matéria seca observado de 21,38% para os diferentes níveis de *buch* corresponde ao valor estimado para os tratamentos. O mesmo comportamento observou-se para digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (Tabela 10) verificando-se o valor de médio de 45,45% para os diferentes níveis de *buch*.

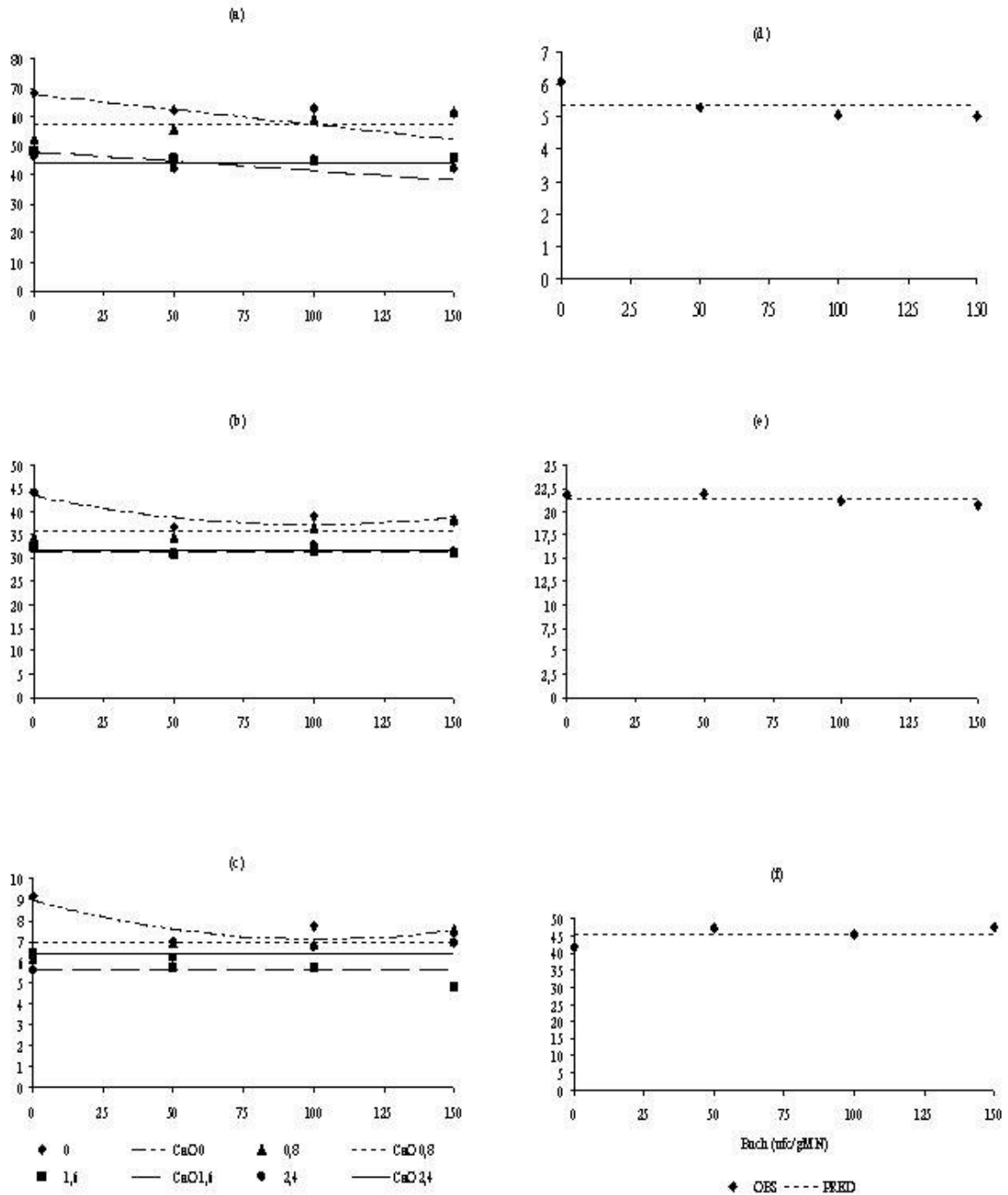


Figura 3. Teores de fibra em detergente neutro (a), fibra em detergente ácido (b), lignina (c), matéria mineral (d), matéria seca (e) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de *Lactobacillus buchneri* (*buch*), em cada nível de óxido de cálcio

Tabela 10. Equações de regressão dos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em função do nível de *Lactobacillus buchneri* (*buch*), em cada nível de óxido de cálcio na silagem

Variável	%CaO	Equação	Pr>F	R ²	CV%
FDN	0	$\hat{y} = 67,6030 - 0,1032x$	0,0107	0,63	3,29
	0,8	$\hat{y} = 57,2471$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 47,9800 - 0,0660x$	0,0579	47	3,03
	2,4	$\hat{y} = 44,0079$ (ns)			
FDA	0	$\hat{y} = 43,4412 - 0,1256x + 0,00063x^2$	0,0057	0,68	4,66
	0,8	$\hat{y} = 35,9576$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 31,4922$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 31,7930$ (ns)			
LIG	0	$\hat{y} = 8,9668 - 0,0366x + 0,00018x^2$	0,0094	0,65	7,50
	0,8	$\hat{y} = 6,8694$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 5,6677$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 6,3744$ (ns)			
MS	-	$\hat{y} = 21,3803$ (ns)			
MM	-	$\hat{y} = 5,3500$ (ns)			
DIVMS	-	$\hat{y} = 45,4500$ (ns)			

ns – não houve efeito de regressão ao nível de 5% de probabilidade

Ao se analisar o efeito do aditivo *buch* em associação ao CaO, de maneira conjunta, pode-se observar que, de uma maneira geral, o referido aditivo, praticamente, teve influência sobre os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina apenas na ausência de CaO. Na ausência de CaO (nível zero de CaO), a elevação do nível do inoculante promoveu a redução dos teores de FDN, FDA e lignina. Entretanto, cabe ressaltar que sua utilização deve ser ponderada devido ao aumento da concentração de ácido acético na silagem e que, ao se utilizar os níveis mais elevados de *buch*, o custo será elevado, uma vez que o maior nível corresponde a três vezes o recomendado pelo fabricante.

Conforme salientado anteriormente, não se verificou efeito de interação do nível de CaO com o nível de *buch* para o pH da silagem. O efeito de interação ocorreu, entretanto, para ácido láctico, acético, propiônico, butírico, etanol, perda por gases e perda por efluentes. Desta forma, foi também avaliado, para estas variáveis, os efeitos dos níveis de CaO dentro de cada nível de *buch*.

Os resultados referentes aos teores do ácido láctico (4a), acético (4b), propiônico (4c), butírico (4d), pH (4e), etanol (4f), perda por gases (5a) e por efluentes (5b), em função do nível de CaO, em cada nível de *buch*, são apresentados, respectivamente, nas figuras 4 e 5. As equações de regressão ajustadas para as diferentes variáveis dos níveis de CaO dentro de nível de *buch* são apresentadas na Tabela 11.

Verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre o teor de ác. láctico em todos os níveis de *buch* (Tabela 11 e Figura 4a). Na ausência de *buch* (zero de *buch*), verificou-se ponto de máximo no nível de 1,66% de CaO, correspondendo à produção de 3,99% de ácido láctico. No nível de 50.000ufc/gMN de *buch*, verificou-se o segundo nível mais elevado deste ácido de todas as silagens, de 5,22%, no ponto de máximo correspondente ao nível de 1,31% de CaO. No nível de 100.000ufc/gMN de *buch*, verificou-se ponto de máximo para o nível de 1,28% de CaO e produção correspondente de ácido láctico de 3,29%, o que foi aproximadamente 2 unidades percentuais inferior ao teor máximo observado para o nível de 50.000ufc/gMN. No nível de 150.000ufc/gMN de *buch* os níveis mais elevados de CaO (de 1,6% a 2,4%) proporcionaram os valores mais altos verificados para o ácido láctico, estimando-se o teor de 5,28% na matéria seca no ponto de máximo correspondente a 1,87% de CaO. Este valor foi ligeiramente superior ao valor de 5,22% do referido ácido observado para o nível de 50.000ufc/gMN de *buch* em associação com 1,31% de CaO. Desta forma, a utilização de 50.000ufc/g MN de *buch*, em associação a 1,6% de CaO, possibilitaria produção de ácido láctico semelhante aos níveis de 150.000ufc/gMN e 1,8% de CaO com economia de 0,56% de CaO e de 100.000ufc/gMN de *buch*.

Não se verificou efeito de regressão ($P > 0,05$) do nível de CaO na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) sobre o teor de ác. acético, cujo valor médio foi de aproximadamente 0,74%. Entretanto, para os demais níveis de *buch* verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre o teor deste ácido. No nível de 50.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) do nível de CaO, com ponto de mínimo para o nível de 1,45% de CaO e teor estimado de ácido acético de 0,48%. Também para o nível de 100.000ufc/gMN de *buch* verificou-se no ponto de mínimo teor de 0,48% de ác. acético, no nível de CaO de 1,04%. A inclusão de 150.000ufc/gMN de *buch* associado ao CaO resultou

nos maiores teores de ác. acético, com ponto de máximo no nível de 1,1% de CaO e teor de ácido acético de 3,23%, o que evidencia a capacidade do inoculante biológico em promover a síntese deste ácido. Do ponto de vista nutricional, entretanto, altos níveis de ácido acético são indesejáveis, por deprimirem o consumo das silagens.

Verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO em associação a todos os níveis de *buch* sobre o teor de ác. propiônico das silagens. Na ausência de CaO (nível zero de *buch*) verificou-se no ponto de mínimo 0,23% do referido ácido correspondendo à adição de 1,49% de CaO. Ao se associar os níveis de CaO com o nível de 50.000ufc/gMN de *buch*, obteve-se ponto de máximo para 0,75% de CaO e teor correspondente de 0,45% de ác. propiônico. No nível de 100.000ufc/gMN de *buch*, atingiu-se o ponto de máximo com o valor de 0,72% deste ácido no nível de 0,93% de CaO. O teor mais elevado de ác. propiônico foi verificado no nível de 150.000ufc/gMN de *buch*, no ponto de máximo, correspondente ao nível de 0,93% de CaO, e produção estimada do ácido de 0,76%. Este valor, entretanto, foi muito próximo ao valor de 0,72% estimado para o mesmo nível do álcali, no nível de 100.000ufc/gMN de *buch*.

Para o teor de ác. butírico verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) com ponto de mínimo para 0,61% de CaO e teor estimado do ácido de 0,04%. Por outro lado, não se verificou efeito de regressão ($P > 0,05$) do nível de CaO associado aos níveis de 50.000 e 100.000ufc/gMN de *buch* sobre o teor deste ácido. Entretanto os teores médios de ácido butírico nesses níveis de *buch* mantiveram-se dentro de limites aceitáveis, com médias de 0,07 e 0,04%, respectivamente. No nível de 150.000ufc/gMN de *buch* ocorreu efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre o teor de ác. butírico com ponto de máximo para 1,2% de CaO e 0,06% do referido ácido.

Verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO nos níveis zero, 50.000 e 100.000ufc/gMN de *buch* sobre o teor de etanol das silagens. Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) foi estimado ponto de mínimo no nível de 1,68% de CaO, correspondendo à produção nula de etanol. Verificou-se, portanto, que o CaO foi capaz de controlar a fermentação alcoólica na ausência de *buch*, quando em nível próximo de 1,6%, tendo o teor de etanol decrescido de cerca de 10%, na ausência de CaO, para zero. No nível de 50.000ufc/gMN de *buch* verificou-se no ponto de mínimo teor de 0,35% de etanol, correspondendo ao nível de 2,0% de CaO. Para o nível de 100.000 ufc/gMN de *buch* estimou-se ponto de mínimo no nível de 2,67% de CaO e teor de álcool de 0,22%. Este ponto de mínimo seria uma extrapolação, uma vez que o maior nível de CaO testado no presente estudo

foi de 2,4%. Para o nível de 150.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito linear decrescente ($P<0,05$) do nível de CaO sobre o teor de etanol.

Ao se analisar a (Figura 4e), apesar de todas as combinações testadas terem reduzido o teor de etanol das silagens, verifica-se efeito pronunciado do *buch* no controle da fermentação alcoólica tomando-se como base o intercepto de cada nível de *buch* (nível zero de CaO), que foi gradualmente reduzido em função do aumento do nível do inoculante biológico, o que estaria relacionado com os valores de ácido acético produzidos, estimados em 0,60; 1,30; 1,34 e 2,39%, respectivamente, para os níveis zero, 50.000, 100.000 e 150.000ufc/gMN de *buch*, em associação ao CaO.

Verificou-se ausência de interação entre níveis de CaO e *buch* e efeito quadrático de regressão ($P<0,05$) do nível de CaO sobre o pH das silagens, atingindo ponto de máximo estimado no nível de 2,42% de CaO, correspondendo ao pH de 3,78. Entretanto, este nível de CaO é uma extrapolação, uma vez que é superior ao maior nível do álcali testado no presente estudo (2,4%), o qual proporcionaria o mesmo valor de pH (3,78). Portanto, pode-se inferir que o pH observado para os vários níveis de CaO manteve-se dentro de limites adequados para conservação da silagem em condições anaeróbicas.

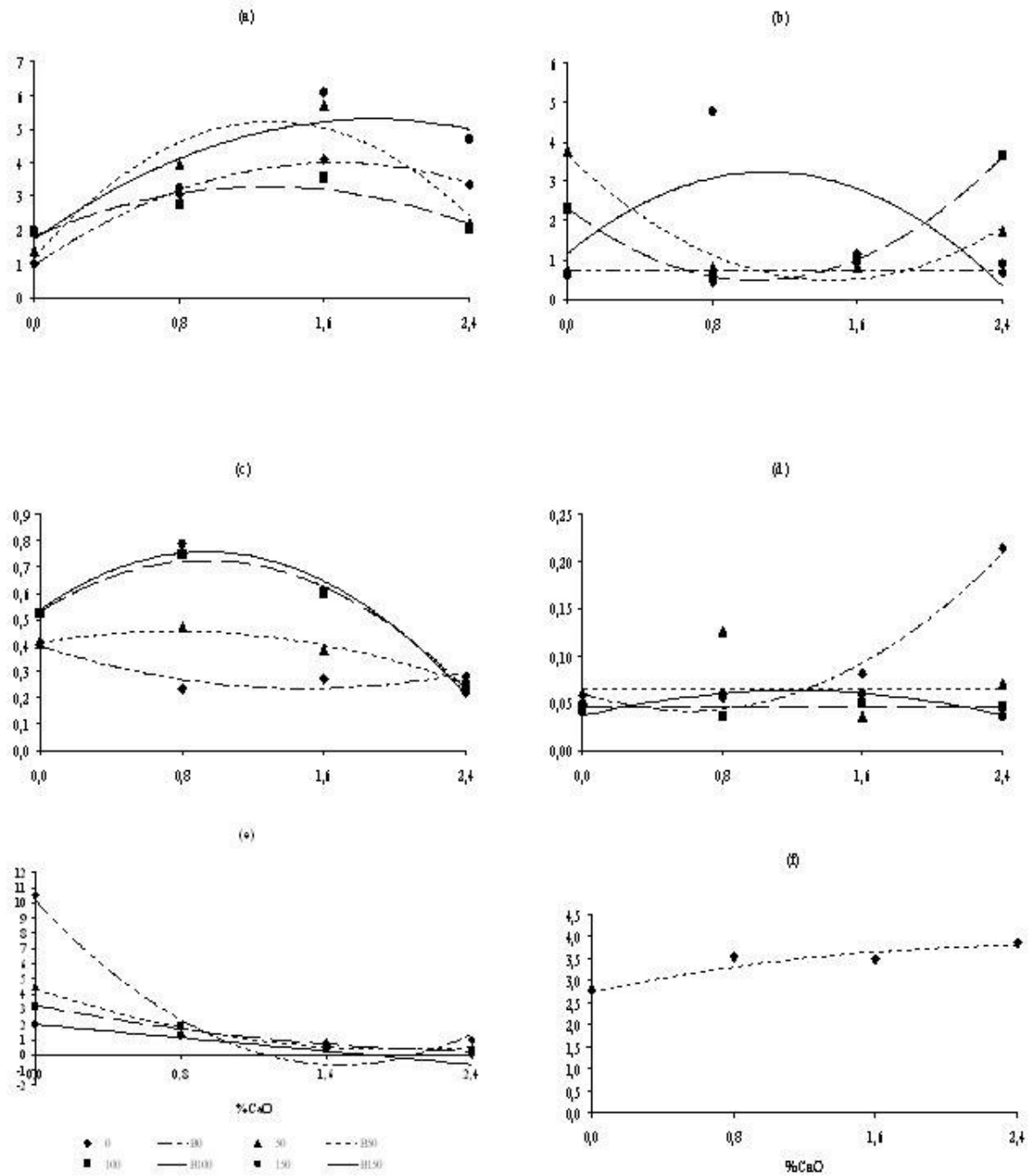


Figura 4. Teores de ácido láctico (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri*

Tabela 11. Equações de regressão para os teores de ácido láctico (LAT), acético (ACET), propiônico (PROP), butírico (BUT), etanol (ETN), pH, perda por gases (PG) e por efluentes (PE) em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri*

Variável	Buch	Equação	Pr>F	R ²	CV%
LAT	0	$\hat{y} = 0,9637+3,6483x-1,0990x^2$	<.0001	0,99	4,16
	50	$\hat{y} = 1,1713+6,1830x-2,3620x^2$	<.0001	0,90	17,94
	100	$\hat{y} = 1,8152+2,3002x-0,8971x^2$	0,0006	0,81	12,82
	150	$\hat{y} = 1,7170+3,8150x-1,0208x^2$	0,0006	0,81	19,33
ACET	0	$\hat{y} = 0,7363$ (ns)			
	50	$\hat{y} = 3,6540-4,3679x+1,5026x^2$	0,0097	0,64	56,98
	100	$\hat{y} = 2,3185-3,5352x+1,6992x^2$	<.0001	0,99	6,63
	150	$\hat{y} = 1,1603+3,7712x-1,7161x^2$	0,0670	0,45	78,86
PROP	0	$\hat{y} = 0,3977-0,2175x+0,0729x^2$	0,0005	0,81	11,07
	50	$\hat{y} = 0,4113+0,1100x-0,0729x^2$	<.0001	0,94	5,48
	100	$\hat{y} = 0,5287+0,4212x-0,2265x^2$	<.0001	0,98	4,86
	150	$\hat{y} = 0,5348+0,4748x-0,2539x^2$	<.0001	0,97	7,45
BUT	0	$\hat{y} = 0,0610-0,0633x+0,0520x^2$	<.0001	0,97	11,94
	50	$\hat{y} = 0,0713$ (ns)			
	100	$\hat{y} = 0,0447$ (ns)			
	150	$\hat{y} = 0,0367+0,0437x-0,0182x^2$	<.0001	0,92	7,96
ETN	0	$\hat{y} = 10,1575-12,8760x+3,8398x^2$	<.0001	0,96	28,16
	50	$\hat{y} = 4,3632-4,0023x+0,9987x^2$	<.0001	0,96	19,33
	100	$\hat{y} = 3,2603-2,2704x+0,4245x^2$	<.0001	0,96	18,23
	150	$\hat{y} = 2,0108-1,0969x$	<.0001	0,94	22,84
pH	-	$\hat{y} = 2,7373+0,8622x-0,1780x^2$	<.0001	0,83	5,66
PG	0	$\hat{y} = 21,7957-15,0762x+3,8776x^2$	<.0001	0,97	9,19
	50	$\hat{y} = 15,9108-7,2052x+1,7461x^2$	<.0001	0,94	7,28
	100	$\hat{y} = 20,0832-12,7148x+3,4362x^2$	<.0001	0,96	8,03
	150	$\hat{y} = 18,5903-9,4787x+2,4036x^2$	<.0001	0,97	5,5
PE	0	$\hat{y} = 39,2655-27,8702x+6,4648x^2$	<.0001	0,99	2,88
	50	$\hat{y} = 23,9128$ (ns)			
	100	$\hat{y} = 44,2378-22,1173x$	0,0001	0,86	22,97
	150	$\hat{y} = 39,5970-18,0767x$	<.0001	0,88	19,24

ns - não houve efeito de regressão ao nível de 5% de probabilidade

Para perda de gases, verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO em todos os níveis de *buch* (Tabela 11 e Figura 5a). Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) verificou-se perda gasosa no ponto de mínimo de 7,14% da MS, correspondendo ao nível de 1,94% de CaO. Para o nível de inclusão de 50.000ufc/gMN de *buch* observou-se ponto de mínimo para o nível de 2,06% de CaO correspondendo à perda de 8,48% da MS. O valor estimado para perda por gases no ponto de mínimo, quando da inclusão do nível de 100.000ufc/gMN, foi de 8,32%, no nível de 1,85% de CaO. Ainda, para perda gasosa, no nível de 150.000ufc/gMN de *buch*, foi verificado ponto de mínimo para 1,97% de CaO, correspondente à perda de 9,24% de MS. Pode-se, portanto, concluir que o nível de *buch* teve pequena influência sobre as perdas gasosas nos pontos de mínimo e que, para todos os níveis

de *buch*, as menores perdas gasosas ocorreram para níveis de CaO variando em uma faixa estreita, entre 1,85 e 2,06%.

Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre a perda por efluente (Tabela 11), com perda estimada no ponto de mínimo de 9,22kg/ton de matéria verde ensilada, correspondendo ao nível de 2,15% de CaO. Para o nível de *buch* de 50.000ufc/gMN não se verificou efeito de regressão do nível de CaO ($P > 0,05$) sobre a perda por efluente, sendo estimado o nível médio de perda de 23,91kg/ton de matéria verde ensilada. Entretanto, este resultado é inusitado quando confrontado com a resposta do CaO nos demais níveis de *buch* e não permite uma explicação lógica. Para os níveis de 100.000 e 150.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito linear decrescente de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre as perdas por efluente. Com exceção para o nível de inclusão de *buch* de 50.000ufc/gMN, a elevação do nível de CaO trouxe sempre redução das perdas por efluente, o que em parte pode estar ligado ao efeito higroscópico do álcali.

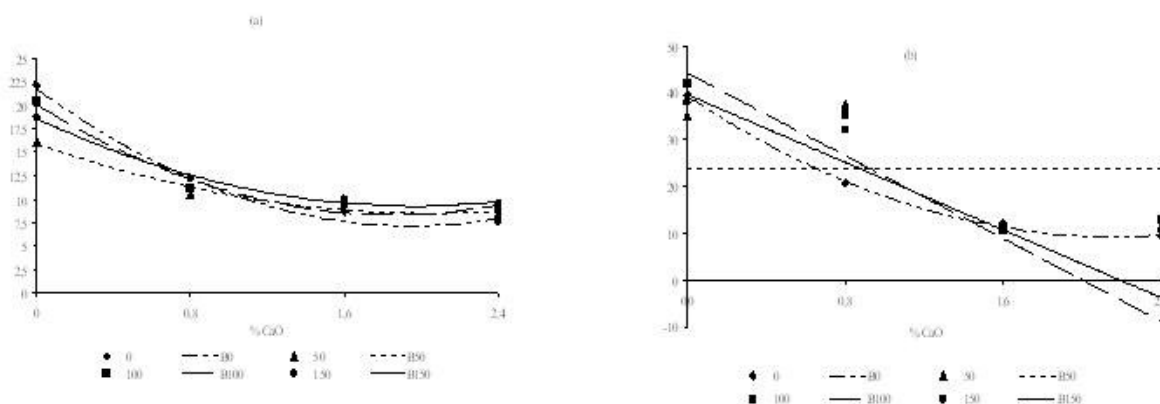


Figura 5. Níveis de perda gasosa (a) e de perda por efluentes (b) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de *lactobacillus buchneri*

A análise conjunta do efeito da inclusão de níveis crescentes de *buch*, em associação aos níveis de CaO, permite inferir que o nível de 50.000ufc/gMN, associado ao nível de 1,6% de CaO, trouxe resultados favoráveis, uma vez que proporcionou elevado teor de ácido láctico, teores moderados de ácido acético e propiônico e inibiu a fermentação butírica e alcoólica. Além disso, o pH para o nível de 1,6% de CaO foi 3,66, o que está em consonância com o teor elevado de ácido láctico verificado, que foi o segundo maior dentre os tratamentos.

Acrescenta-se que proporcionou os teores médios mais baixos de ácido butírico, níveis de etanol inferiores a 1%, e foi tão eficiente quanto o nível de 2,4% de CaO na redução das perdas por gases e por efluentes.

Não foi observado efeito de interação ($P > 0,05$) de nível de CaO e de *buch* sobre os teores de MS, MM e DIVMS das silagens. Entretanto, foi verificado o efeito da interação ($P < 0,05$) para o teor de FDN, FDA e lignina, como se observa na Figura 6 e nas equações de regressão na Tabela 12.

Verificou-se na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre o teor de FDN com ponto de mínimo no nível de 1,99% de CaO, correspondendo a 45,92% de FDN. Para o nível de 50.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito de regressão linear decrescente ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre o teor de FDN, que se reduziu gradualmente de 68,06% na silagem exclusiva de cana para os teores de 53,48; 44,28; e 35,07% nos níveis de CaO de 0,8; 1,6; e 2,4%, respectivamente. De forma semelhante, no nível de 100.000ufc/gMN de *buch* houve efeito de regressão linear decrescente ($P < 0,05$) de CaO sobre o teor de FDN, observando-se os teores de 54,41; 44,57 e 34,72%, respectivamente, para os níveis de 0,8; 1,6 e 2,4% de CaO. Não se verificou, entretanto, efeito de regressão do nível de CaO quando associado ao nível de 150.000ufc/gMN de *buch* ($P > 0,05$), estimando-se o teor médio de 52,8% de FDN nas silagens, para os vários níveis de CaO, o que contraria a expectativa de redução do teor de FDN com a elevação do nível do álcali.

Com exceção das silagens contendo 150.000ufc/gMN de *buch*, verificou-se sempre tendência de queda do teor de FDN das silagens com a elevação do nível de CaO. A queda estimada atingiu quase trinta unidades percentuais quando o nível de CaO elevou-se de zero para 2,4% nas silagens contendo 100.000ufc/gMN de *buch*. Esta queda está provavelmente ligada mais estreitamente à redução do teor de hemicelulose. A hemicelulose é a fração da fibra mais estreitamente relacionada com a lignina que qualquer outra fração de polissacarídeo (SULLIVAN, 1966), e ocorre principalmente em paredes lignificadas de forragens. Sua remoção ocorre após solução ou destruição da lignina (VAN SOEST, 1983). A redução do teor de FDN poderia estar associada a um maior consumo de silagem pelos animais (MERTENS, 1987).

Para o teor de FDA verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do CaO na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) com ponto de mínimo para 1,85% de CaO, correspondendo ao teor de 31,28% de FDA e teores de FDA estimados de 43,0; 35,3; 31,6 e 32,36% para níveis de CaO de zero, 0,8, 1,6 e 2,4%, respectivamente. No nível de

50.000ufc/gMN de *buch* não se verificou efeito de regressão ($P>0,05$) do CaO sobre teor de FDA, sendo estimado o teor médio de 33,3% desta fração. No nível de 100.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático de regressão do nível de CaO sobre o teor de FDA, com ponto de mínimo para 1,86% de CaO e teor de FDA estimado de 34,48%. No nível de 150.000ufc/gMN de *buch* não se verificou efeito de regressão ($P>0,05$) do CaO, estimando-se teor médio de 34,7% de FDA. Nos tratamentos em que ocorreu efeito de regressão ($P<0,05$) do nível de CaO sobre o teor de FDA, verificou-se que a adição do álcali promoveu redução do teor dessa fração da fibra da silagem, provavelmente por solubilização de celulose e lignina. A queda no teor de FDA foi, entretanto, menor que aquela verificada no teor de FDN, na qual a hemicelulose está presente.

Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) verificou-se efeito quadrático de CaO sobre o teor de lignina, com ponto de mínimo para 1,95% de CaO e teor de lignina de 5,67%. Não ocorreu, entretanto, efeito de regressão ($P>0,05$) do CaO sobre o teor de lignina para níveis de *buch* de 50.000ufc/gMN e de 150.000ufc/gMN, sendo estimado os teores médios de lignina nas silagens de 6,46 e 6,67%, respectivamente. No nível de 100.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do CaO ($P<0,05$) sobre o teor de lignina com ponto de mínimo para 2,22% de CaO e nível de lignina correspondente de 6,39%. Cabe ressaltar, que além do teor de lignina tomado isoladamente não ser um indicador preciso do valor nutricional da silagem, as diferenças absolutas observadas entre as silagens para esta fração da fibra podem ser consideradas de baixa magnitude.

Ao se analisar em conjunto os efeitos do aditivo CaO e *buch*, observa-se que o aditivo químico teve influência marcante ($P<0,05$) sobre os teores de FDN, na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) e associado aos níveis de 50.000 e 100.000ufc/gMN e sobre os teores de FDA e lignina na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) e em associação com o nível de 100.000ufc/gMN de *buch*. Fica claro, entretanto, que o *Lactobacillus buchneri* praticamente não teve influência sobre as frações fibrosas da silagem. Assim, ao se comparar os teores de FDN das silagens contendo 50.000 e 100.000ufc/gMN de *buch*, verifica-se que a silagem contendo 50.000ufc/gMN de *buch* em relação àquela contendo 100.000ufc/gMN teve conteúdo de FDN 0,35 unidades percentuais mais elevado para o nível de 2,4% de CaO, e conteúdos 0,29 e 0,93 unidades percentuais mais baixos, respectivamente, para os níveis de 1,6 e 0,8% de CaO.

Verificou-se efeito linear crescente de regressão ($P<0,05$) do nível de CaO sobre o teor de matéria mineral (MM) (Tabela 12 e Figura 6d), comportamento este que pode ser atribuído ao efeito direto de adição de níveis crescentes de substância mineral que não é perdida por

volatilização como outros compostos contidos na silagem após a fermentação. Os valores observados no presente estudo foram superiores aos observados por Santos et al. (2008), que utilizaram as doses de 1,0 e 1,5% de CaO na base da matéria natural e observaram valores de 4,45 e 5,73% de matéria mineral na matéria seca, respectivamente. Entretanto, salienta-se que os níveis do aditivo químico utilizados pelos referidos autores corresponderam, respectivamente, a 41,7 e 62,5% do maior nível utilizado no presente estudo. Como ressaltado anteriormente, o incremento no teor de matéria mineral pode explicar em parte a redução das perdas por efluente verificadas em função da elevação dos níveis de CaO.

Houve efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre o teor de matéria seca (Tabela 12 e Figura 6e), com ponto de máximo para 2,32% de CaO e nível de MS de 23,82%. O nível de CaO no ponto de máximo aproximou-se muito do nível máximo de CaO utilizado e este efeito, em boa parte, pode ser atribuído ao efeito direto da adição de substância com elevado teor de MS. Os teores de matéria seca observados no presente estudo estão de acordo com os verificados na literatura por alguns autores (PEDROSO et al., 2007; SOUZA et al., 2008; MENDES et al., 2008).

A solubilização dos constituintes da parede celular por substâncias alcalinas quando utilizadas para o tratamento de forrageiras que apresentam a fração fibrosa com baixa digestibilidade tem recebido ênfase nos estudos de conservação de forragem (CASTRILLÓN et al., 1978; PEDROSO et al., 2006; PEDROSO et al., 2007; FREITAS et al., 2006b; SIQUEIRA et al., 2007a, SIQUEIRA et al., 2007b; SANTOS et al., 2008) e principalmente na ensilagem da cana-de-açúcar que se enquadra entre elas. Por apresentar elevada proporção de carboidratos solúveis (açúcares), ainda que com a fração fibrosa de baixa qualidade, a cana-de-açúcar é considerada como forrageira de digestibilidade de valor intermediário, da ordem de 54 a 65% da MS (BOIN & TEDESCHI, 1993). Entretanto, como a todo processo de conservação inferem-se perdas, com a ensilagem não é diferente, comumente são observados valores baixos de digestibilidade das silagens produzidas exclusivamente com cana-de-açúcar, em função principalmente das perdas provocadas pela ocorrência e proliferação de leveduras, bolores e mofos que são considerados microrganismos indesejáveis ao processo. Esses microrganismos, por consumirem carboidratos solúveis e produzirem a partir destes, etanol e CO_2 que são perdidos no silo e no cocho por volatilização provocam concentração dos constituintes da parede celular vegetal, reduzindo a digestibilidade da silagem (MCDONALD et al., 1991). Neste sentido, verificou-se efeito linear crescente de regressão ($P < 0,05$) do nível de CaO sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens (Tabela 12 e Figura 6f), o que pode ser atribuído à sua ação sobre os constituintes da parede celular vegetal da cana-de-

açúcar, conferindo valor de digestibilidade dentro da faixa de variação citada por Boin & Tedeschi (1993). A inclusão dos níveis 1,6 e 2,4% de CaO (na ausência de *buch*) aumentou em 11,71 e 17,57 unidades percentuais, respectivamente, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens, comparada com a silagem exclusiva da cana. Desta forma, pode-se inferir que a diferença observada de 5,85 unidades percentuais na digestibilidade torna o nível de 1,6% de CaO mais atrativo economicamente.

O nível de CaO (na ausência de *buch*) teve influência ($P < 0,05$) sobre a FDN, FDA, lignina, MM e DIVMS. Neste sentido, observou-se redução dos teores das referidas frações da fibra, elevação do teor de matéria mineral e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca em função do aumento do nível de CaO. O nível de 1,6% de CaO (na ausência de *buch*) promoveu queda dos teores de FDN, FDA, lignina, aumento da MM e da DIVMS, o que, comparado ao valores obtidos com o nível de 2,4% de CaO, merece atenção no que diz respeito a economia na produção da silagem.

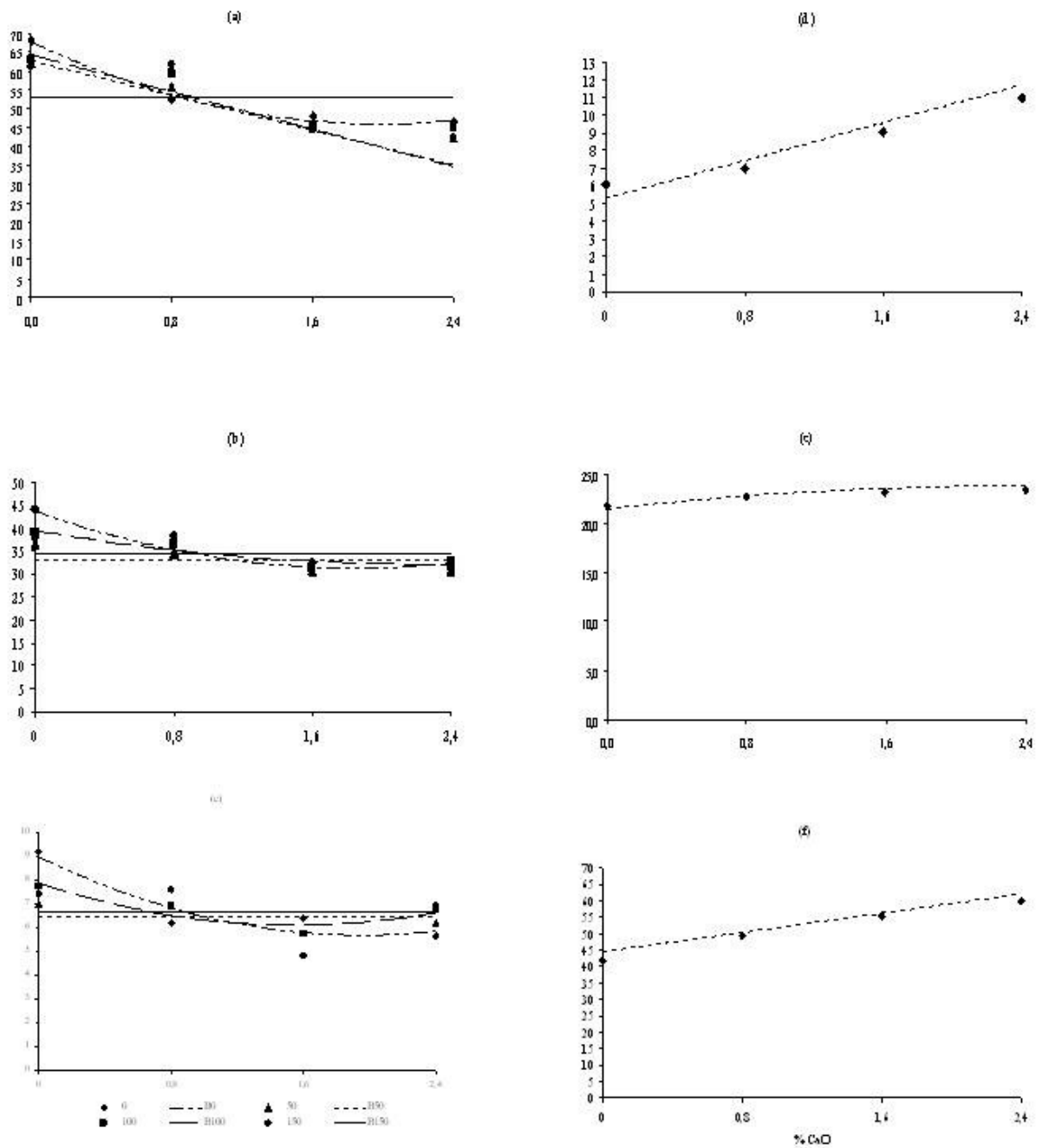


Figura 6. Teores de fibra em detergente neutro (a), fibra em detergente ácido (b), lignina (c), matéria mineral (d), matéria seca (e) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri*

Tabela 12. Equações de regressão para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) em função do nível de óxido de cálcio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri* e para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em função do nível de óxido de cálcio

Variável	Nível	Equação	Pr>F	R ²	CV%
MS	-	$\hat{y} = 21,4331 + 2,0627x - 0,4453x^2$	<.0001	0,58	3,54
MM	-	$\hat{y} = 5,2912 + 2,6859x$	<.0001	0,90	9,79
DIVMS	-	$\hat{y} = 44,5480 + 7,3209x$	<.0001	0,38	10,14
FDN	0	$\hat{y} = 67,6558 - 21,8740x + 5,5039x^2$	<.0001	0,91	5,67
	50	$\hat{y} = 62,6893 - 11,5071x$	0,0002	0,84	7,62
	100	$\hat{y} = 64,2537 - 12,3037x$	<.0001	0,87	6,4
	150	$\hat{y} = 52,7294$ (ns)			
FDA	0	$\hat{y} = 43,7570 - 13,4600x + 3,6302x^2$	<.0001	0,87	5,92
	50	$\hat{y} = 33,2659$ (ns)			
	100	$\hat{y} = 39,5600 - 6,5625x + 1,4792x^2$	0,0005	0,82	4,42
	150	$\hat{y} = 34,6965$ (ns)			
LIG	0	$\hat{y} = 8,9617 - 3,3687x + 0,8620x^2$	0,0008	0,80	10,96
	50	$\hat{y} = 6,4631$ (ns)			
	100	$\hat{y} = 7,8640 - 2,2804x + 0,7370x^2$	0,0067	0,67	7,83
	150	$\hat{y} = 6,6728$ (ns)			

ns - não houve efeito de regressão ao nível de 5% de probabilidade

Conclusões

A associação do nível de 1,6% de óxido de cálcio com o nível de 50.000 ufc/gMN de *Lactobacillus buchneri*, como aditivos para silagem de cana, pode ser recomendada por proporcionar níveis elevados de ácido lático, níveis moderados de ácido acético e propiônico, controlar as fermentações butírica e alcoólica, minimizar as perdas gasosas e por efluentes e gerar valor de pH favorável à conservação da silagem.

Os teores de matéria seca, matéria mineral, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca são influenciados pelo tratamento com o óxido de cálcio, não sendo afetados de forma consistente pelo aditivo microbiano.

Ocorre hidrólise alcalina da fibra contida na silagem da cana-de-açúcar, sendo os teores de FDN, FDA e lignina reduzidos pelo tratamento com óxido de cálcio, com elevação da DIVMS.

Referências Bibliográficas

BOIN, C. TEDESCHI, L. O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 107-126.

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

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.

FERRO, L. A. **Efeito de alguns herbicidas sobre a fermentação alcoólica realizada por leveduras *Saccharomyces cerevisiae***. 1994. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FREITAS, A. W. P. et al. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.38-47, 2006b.

KUNG Junior. L. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. **Standard operating procedure** – 001 6.03.96. Ed. University of Delaware – Ruminant Nutrition Lab. – Worriow 309. 1996.

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

MENDES, C. Q. et al. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.12, p. 2191-2198, 2008.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

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

PEDROSO, A. F. et al. Performance of holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.649-654, abr. 2006.

PEDROSO, A. F. et al. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 558-564, 2007.

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

SAS. 1985. SAS/STAT. User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

SILVA, F. A. M. et al. Determinação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular na rizosfera de cafeeiro por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). **Ciência Agrotécnica**, Lavras. Edição Especial, p.1391-1395, dez., 2002.

SIQUEIRA, G. R. et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.6, p.2000-2009, 2007b. (supl.).

SIQUEIRA, G. R. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.789-798, 2007a.

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

SOUZA, L. M. **Qualidade e Identidade das Cachaças Produzidas na Região Norte Fluminense – RJ**. 2008. 125p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

SULLIVAN, J. T. Studies of the Hemicelluloses of Forage Plants. **Journal of Animal Science**, v 25, p. 83-86. 1966.

TILLEY J. M. A., TERRY R. A. A two-stage technique for the “in vitro” digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society Hurley**, v. 18, n. 2, p. 104-11, 1963.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Corvallis: O & Books, 1983. 344p.

Trabalho 4 - Influência dos aditivos hidróxido de sódio e *Lactobacillus buchneri* sobre a qualidade e as perdas de fermentação da silagem de cana-de-açúcar

Resumo

Foram avaliadas a composição química, os produtos de fermentação, as perdas gasosas e por efluentes e a digestibilidade das silagens de cana-de-açúcar sem adição ou com adição de hidróxido de sódio (NaOH) nos níveis 0,8, 1,6 e 2,4%, em associação com o aditivo biológico *Lactobacillus buchneri* nos níveis zero, 50.000, 100.000 e 150.000ufc/g de matéria natural (MN). Foi utilizada a variedade RB855536, cana planta colhida aos 12 meses. O experimento foi realizado segundo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 4×4 (níveis do aditivo químico e do biológico). Foram avaliados nas silagens os teores de ácidos graxos voláteis e láctico, o teor de etanol, o pH, os teores de FDN, FDA, lignina, MS e MM, a DIVMS e as perdas gasosas e por efluentes. Os resultados foram analisados utilizando-se os sistemas estatísticos SAEG e SAS. O nível de 1,6% de NaOH em associação ao nível de 50.000ufc/gMN de *buch* possibilitou a produção de silagens com características desejáveis, proporcionando teor médio de ácido láctico de 4,80% e de ácido acético próximo a 1%, teor moderado de ácido propiônico de 0,32%, controlou a fermentação butírica, observando-se o teor de 0,04%, dentro da faixa ideal de até 0,1%, e reduziu o teor de etanol, além de manter as perdas gasosas e por efluentes dentro de limites aceitáveis. O NaOH proporcionou redução dos teores de FDN, FDA e lignina, e elevou a DIVMS. O NaOH teve influência sobre os teores de MM e MS da silagem, os quais não foram consistentemente afetados pelo aditivo microbiano.

Palavras-chave: silagem de cana-de-açúcar, hidróxido de sódio, *Lactobacillus buchneri*, ácidos orgânicos

Influence of addition of sodium hydroxide and *Lactobacillus buchneri* on quality and fermentation losses of sugarcane silage

Abstract

They were evaluated the chemical composition, the fermentation products, the gaseous and effluents losses and the digestibility of sugarcane silages without NaOH or with NaOH addition, at the levels of 0.8, 1.6 and 2.4%, in association with the microbial additive *Lactobacillus buchneri* inoculated at the levels zero, 50,000, 100,000 e 150,000 ufc/g of sugarcane, wet basis. The variety RB855536, harvested after 12 months of first growth was used. The experiment design was the completely randomized design, in a 4 × 4 factorial arrangement. They were evaluated in the silages the contents of volatile fatty acids, lactic acid, ethanol, NDF, ADF, lignin, DM and ash and the pH and the IVDMD, as well as the gaseous and the effluent losses. In he analysis of the data, the SAS and the SAEG systems were utilized. When it was observed interaction effect of the additives, the effect of the levels of one additive were evaluated by regression analysis in each level of the other and vice versa. The 1.6% level of NaOH in association with 50,000ufc/g of sugarcane of *Lactobacillus buchneri* made possible the production of silage with desirable characteristics, including lactic acid content of 4.8%, acetic acid content close to 1%, low level of butiric acid (0,04%), bellow the acetable limit of 0,1%. In addition controlled the ethilic fermentation and reduced the gaseous and effluent losses. The NaOH reduced the contents of NDF, ADF and lignin of the silages and increased the IVDMD. The NaOH showed al so influence on ash and DM contents of the silages, which had not been consistently affected by the microbial inoculant.

Key words: sugarcane silage, sodium hydroxide, *Lactobacillus buchneri*, organic acid

Introdução

A escassez de biomassa forrageira nas pastagens no período seco do ano provocada pelas condições climáticas desta estação tem reflexos negativos sobre o desempenho produtivo e reprodutivo animal. Neste sentido, a suplementação alimentar se faz necessária para atender a demanda nutricional dos animais, não suprida pela pastagem.

O fornecimento de suplemento alimentar volumoso pode ser feito com forrageiras *in natura* ou conservadas na forma de feno e/ou silagem, bem como pela mistura das formas citadas. A conservação de forragens, na forma de silagem, é baseada na fermentação natural em meio anaeróbico da massa ensilada, depois de processada e em tamanho de partículas específico, de forma a favorecer o processo de enchimento e compactação do material dentro do silo e a expulsão do ar contido na massa.

Durante o processo fermentativo o material ensilado, correspondente ao substrato, é fermentado e convertido em compostos como os ácidos orgânicos láctico, acético, propiônico e butírico, bem como etanol e CO₂. Desta forma, a qualidade da silagem será determinada pelo teor de seus produtos da fermentação, pela composição bromatológica e pelas perdas decorrentes do processo.

Para produção de silagem devem ser observadas algumas características na planta ou no material a ser ensilado, como: teor de matéria seca, poder tampão, teor de carboidratos solúveis etc. A cana-de-açúcar contém os principais atributos para ser ensilada, porém, a ocorrência e proliferação de leveduras, consomem os carboidratos solúveis, produzindo etanol e CO₂, concentrando os constituintes da parede celular e com isso comprometendo a qualidade da silagem produzida exclusivamente com a cana. Entretanto, o uso de aditivos químicos e microbianos isolados ou em associação que atuem sobre esses microrganismos inibindo sua ação deletéria do valor nutritivo da silagem e que ainda tenha efeito sobre a fibra da cana-de-açúcar, que é considerada de baixa qualidade, podem contribuir com a manutenção da qualidade do material ensilado e aumentar a digestibilidade da fração fibrosa.

Dentre os aditivos químicos, o NaOH tem se revelado capaz de reduzir a produção de etanol, estimular a produção de ácido láctico, além de promover a hidrólise alcalina de componentes da parede celular vegetal, com reflexos positivos sobre a digestibilidade.

Dentre os aditivos microbianos, o *Lactobacillus buchneri* tem sido utilizado por promover fermentação heterolática com produção, além do ácido láctico, do ácido acético e

propiónico, pois o ácido acético favoreceria no controle da fermentação etílica e melhoraria a estabilidade aeróbica da massa após a abertura do silo.

O objetivo no presente estudo foi avaliar a composição bromatológica, os produtos da fermentação e as perdas decorrentes do processo de ensilagem da cana-de-açúcar sem e com aditivo químico (NaOH) e biológico *Lactobacillus buchneri* (*buch*) em diferentes níveis e suas associações.

Material e Métodos

Foram avaliadas silagens contendo aditivos químico e microbiano. Estudou-se a associação de quatro níveis de hidróxido de sódio (NaOH) com quatro níveis de *Lactobacillus buchneri* (*buch*). O experimento foi conduzido na unidade de apoio à pesquisa em Zootecnia e Nutrição Animal do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, em Campos dos Goytacazes-RJ.

A cana-de-açúcar foi colhida aos doze meses de idade, cana planta, na Usina Santa Cruz, localizada no município de Campos dos Goytacazes. O corte foi realizado a uma altura de 5 cm do solo; sendo confeccionadas as silagens contendo associações do aditivo químico NaOH com o biológico *Lactobacillus buchneri* nos níveis apresentados na Tabela 13, na matéria natural.

A variedade utilizada para produção de silagem foi a RB855536, que no momento do corte apresentou concentração de açúcar total de 21⁰Bx.

Tabela 13. Níveis do aditivo químico (NaOH) e biológico (*Lactobacillus buchneri*) (*buch*) e suas associações adicionados na ensilagem da cana-de-açúcar

Aditivo Químico	Aditivo Biológico - ufc ¹			
	Sem	50.000 Buch ²	100.000 Buch ²	150.000 Buch ²
0,8 % NaOH	0,8 NaOH + 50.000 Buch	0,8 NaOH + 100.000 Buch	0,8 NaOH + 150.000 Buch	0,8 NaOH + 150.000 Buch
1,6 % NaOH	1,6 NaOH + 50.000 Buch	1,6 NaOH + 100.000 Buch	1,6 NaOH + 150.000 Buch	1,6 NaOH + 150.000 Buch
2,4 % NaOH	2,4 NaOH + 50.000 Buch	2,4 NaOH + 100.000 Buch	2,4 NaOH + 150.000 Buch	2,4 NaOH + 150.000 Buch

¹. Unidade formadora de colônia por grama de matéria natural (UFC/g MN)

². *Lactobacillus buchneri*

O aditivo químico (NaOH) foi aplicado na sua forma comercial, em lentilhas, e o aditivo biológico *Lactobacillus buchneri* (*buch*) foi aplicado, com o uso de pulverizador manual com capacidade para 0,5 L, à cana-de-açúcar picada antes do enchimento dos silos experimentais, de forma a se obter distribuição uniforme sobre a massa ensilada, diluindo-se as doses utilizadas em 100 mL de água.

Como silos experimentais foram utilizados baldes plásticos de 15 L, os quais foram vedados com lona plástica para simular a vedação dos silos de campo. No fundo de cada silo experimental foram colocados 2 kg de areia seca separada da silagem por duas camadas de tela plástica com malha fina e tecido de algodão, para impedir o contato da areia com o material ensilado e permitir absorção e posterior determinação quantitativa dos efluentes.

Na ensilagem, o material foi compactado com tronco de madeira (mourão de eucalipto), sendo adicionadas em sequência camadas de 5 a 10 cm de espessura da cana-de-açúcar picada. A quantidade de cana a ser armazenada em cada silo experimental foi pesada previamente, em função do volume do silo, de forma a se obter densidade o mais próximo possível de 650 kg/m³ no material ensilado. Após o enchimento, cada silo experimental foi fechado com lona plástica, amarrado com tiras circulares de câmara de ar de pneu automotivo, vedado com fita adesiva e pesado.

A perda de matéria seca na forma de gás foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$PG = \frac{(PSI - PSF)}{MSI} \times 100, \text{ em que:}$$

PG = perda por gases (%MS);

PSI = peso do silo no momento da ensilagem (kg);

PSF = peso do silo no momento da abertura (kg);

MSI = matéria seca ensilada (quantidade de forragem em kg × % MS).

Após a retirada da silagem, o conjunto silo, areia, tela e tecido de náilon foi pesado para quantificação do efluente produzido. A perda por efluente foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$PE = \frac{(PSAF - PSAI)}{MNI} \times 1000, \text{ em que:}$$

PE = produção de efluente (kg de efluente/ton de matéria verde ensilada);

PSAF = peso do conjunto silo, areia, tela de náilon e tecido de algodão após a abertura (kg);

PSAI = peso do conjunto silo, areia, tela de náilon e tecido de algodão antes da ensilagem (kg);

MNI = quantidade de forragem ensilada (kg).

Na avaliação da cana *in natura* foram determinados os teores de MS, FDN, FDA, lignina e MM segundo Silva & Queiroz (2002), e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) segundo Tilley & Terry (1963). Nas silagens, o pH foi medido com o auxílio de um potenciômetro digital, seguindo a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). Para determinação do teor de etanol das silagens, foram preparadas soluções das amostras frescas tomando-se 25 g de silagem, adicionando-se 225 mL de água destilada processando-se em liquidificador por um minuto. As soluções foram coadas numa primeira etapa com o auxílio de uma peneira de uso doméstico e, em seguida, utilizando-se tecido de náilon com abertura de malha de 50 μ m. Depois de coadas, as soluções foram centrifugadas numa rotação de 12000 RPM (KUNG Jr., 1996). Após o procedimento de centrifugação, a solução sobrenadante foi transferida para tubos de eppendorf com capacidade volumétrica de 2 mL, que foram armazenados em freezer.

O teor de etanol foi determinado por meio de cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama acoplado com uma coluna capilar modelo LM-100 fase líquida, série CB, N^o 331095, com 25 metros de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. As condições cromatográficas estabelecidas para determinação foram condicionadas em esquema de “rampa” com temperatura do injetor de 250 ^oC, detector de 250 ^oC e da coluna a 35 ^oC, permanecendo por sete minutos, elevando-se gradualmente em 100 ^oC/min até atingir a temperatura de 200 ^oC, e assim permanecendo por dez minutos. A cada solução proveniente das amostras de silagem foi adicionado um volume conhecido do composto 2-metil5-butanol usado como padrão interno na proporção de 2:1 (amostra : padrão interno). A concentração de etanol das amostras foi calculada tomando-se a razão entre as áreas dos picos do analito (etanol) e o padrão interno, relacionando este valor a uma equação fornecida pela curva de calibração padrão construída com diferentes concentrações de etanol e a mesma concentração de padrão interno adicionadas nas amostras de silagem (SOUZA, 2008).

Os ácidos orgânicos foram identificados e quantificados por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência), por meio de um cromatógrafo da marca Shimadzu (CLASS LC 10), com detector UV (SPD-M10A), no comprimento de onda de 230 nm, utilizando coluna C-18 de fase reversa (250 x 4,6 mm). O volume injetado da amostra foi de 20 μ L. Utilizou-se como fase móvel água com 0,1% de ácido fosfórico, com fluxo de 1 mL/min. Os picos correspondentes a cada ácido foram identificados pelo tempo de retenção, utilizando-se como comparação os tempos de retenção dos padrões (SILVA et al., 2002).

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em que os tratamentos foram as associações dos quatro níveis do aditivo biológico com quatro níveis dos aditivo químico NaOH em esquema fatorial, totalizando 48 parcelas.

Os resultados referentes aos níveis dos ácidos orgânicos avaliados e etanol foram expressos com base na matéria seca. Na análise estatística dos dados de cada experimento efetuou-se inicialmente a análise de variância, incluindo-se no modelo os efeitos do aditivo biológico, do aditivo químico e da interação dos aditivos biológico e químico, além do erro termo. Por se tratar de níveis quantitativos crescentes dos aditivos químicos e biológico os efeitos de ambos foram desdobrados em efeito linear, quadrático e cúbico. Quando houve efeito de interação de aditivo biológico e químico, foram ajustadas equações de regressão dos níveis de um aditivo para cada nível do outro. Os feitos cúbicos foram desconsiderados devido à ausência de significado biológico.

Resultados e Discussão

As análises de variância referentes ao modelo completo são apresentadas no apêndice. A composição química da cana-de-açúcar *in natura* no momento da ensilagem é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14. Composição bromatológica da cana-de-açúcar *in natura* no momento da ensilagem

Item	Variável					
	MS ¹	FDN ²	FDA ²	Lignina ²	MM ²	DIVMS ²
Cana-de-açúcar	25,94	44,18	26,37	3,93	3,00	55,47

¹% matéria seca; ² expressos em % da matéria seca

Tendo em vista a ocorrência de efeito de interação ($P < 0,05$) entre os níveis de *buch* e de NaOH, avaliou-se o efeito dos níveis de *buch* dentro de cada nível de NaOH e, posteriormente, o efeito de níveis de NaOH dentro de cada nível de *buch*. Os resultados para o teor de ácido láctico (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f), em função dos níveis de *buch*, dentro de cada nível de NaOH, são apresentados na Figura 7 e para as perdas gasosa (a) e por efluente (b) na Figura 8. As equações de regressão referentes a cada variável avaliada são apresentadas na Tabela 15.

Na ausência de NaOH (nível zero de NaOH) verificou-se efeito quadrático do *buch* ($P < 0,05$) sobre o teor de ácido láctico, com ponto de máximo para o nível de 188.708ufc/gMN de *buch* e teor de 2,08% deste ácido, porém, o nível de *buch* estimado é uma extrapolação, uma vez que foi superior ao maior nível testado. Os valores estimados para ácido láctico na ausência de NaOH para os níveis de *buch* de 50.000, 100.000 e 150.000ufc/gMN, respectivamente, 1,48; 1,83 e 2,03% são muito baixos, aparentemente em função da produção de maior quantidade de ácido acético pelo *Lactobacillus buchneri* verificado na ausência de NaOH (Figura 7b). No nível de 0,8% de NaOH não se verificou efeito de regressão do *buch* ($P > 0,05$) sobre o teor de ácido láctico, entretanto, o valor médio de 3,39% do ácido foi superior ao teor verificado no nível zero de NaOH. Houve efeito quadrático do *buch* ($P < 0,05$) no nível de 1,6% de NaOH sobre o teor do ác. láctico, com ponto de mínimo para o nível 99.600ufc/gMN de *buch*, correspondendo a 4,18% do referido ácido. Cabe ressaltar que este nível de NaOH originou teor médio de 4,80% deste ácido, o qual foi mais dentre os níveis do álcali e que a associação de 1,6% de NaOH com 50.000ufc/gMN de *buch* resultou em 4,79% de ácido láctico. No nível de 2,4% de NaOH houve igualmente efeito quadrático de *buch* ($P < 0,05$) sobre o teor de ácido láctico, com ponto de máximo para o nível de 81.842ufc/gMN de *buch* e teor de ácido láctico de 4,88%. O teor médio verificado de 4,52% de ác. láctico para os vários níveis de *buch* associado ao nível de 2,4% do aditivo químico foi ligeiramente inferior ao observado quando o NaOH foi mantido no nível de 1,6%.

Na ausência de NaOH (nível zero de NaOH) verificou-se efeito quadrático do *buch* ($P < 0,05$) sobre o teor de ácido acético com ponto de máximo para o nível de 67.900ufc/gMN de *buch* e 3,22% deste ácido, observando-se o maior valor médio. Conforme anteriormente referido, o ácido acético é formado pela metabolização do ácido láctico pelo *Lactobacillus buchneri* (DRIEHUIS et al., 1999). Além disso, altos níveis de ácido acético deprimem o consumo (MCDONALD et al., 1991). De forma semelhante, verificou-se no nível de 0,8% de NaOH efeito quadrático do *buch* ($P < 0,05$), com ponto de máximo correspondendo ao nível de

62.167ufc/gMN de *buch* e teor de 1,95%, observando-se neste nível de NaOH teor médio deste ácido cerca de uma unidade percentual inferior ao valor médio observado na ausência de NaOH (nível zero de NaOH). Não se verificou efeito de regressão do nível de *buch* ($P>0,05$) no nível de 1,6% de NaOH sobre o teor de ácido acético, com valor médio estimado de 0,97%, sendo este o menor teor médio do ácido, dentre os níveis de NaOH. Para o nível de 2,4% de NaOH verificou-se efeito quadrático do aditivo biológico ($P<0,05$) sobre o teor do ácido acético, com ponto de mínimo para o nível de 61.290ufc/gMN correspondendo a 1,25% de ácido. O nível de 2,4% de NaOH proporcionou o segundo menor teor médio de ácido acético, evidenciando a ação do NaOH de favorecer a síntese de ácido láctico e de inibir a produção de ácido acético pelo *Lactobacillus buchneri*.

Nos níveis zero, 0,8 e 1,6% de NaOH não se verificou efeito de regressão do *buch* ($P>0,05$) sobre o teor de ácido propiônico das silagens, sendo estimados os teores médios de 0,47, 0,28 e 0,32% do ácido, respectivamente. O maior teor médio verificado na ausência do aditivo químico (nível zero de NaOH) pode ser atribuído à fermentação característica promovida pelo *Lactobacillus buchneri*, que produz ácido propiônico além do acético (PEDROSO, 2003). Quando o NaOH foi incluído no nível de 2,4%, verificou-se efeito quadrático de *buch* ($P<0,05$), com ponto de máximo para o nível 75.937ufc/gMN de *buch*, correspondendo a 0,39% do ácido.

Não houve efeito de regressão ($P>0,05$) do nível de *buch* na ausência de NaOH (nível zero de *buch*) e no nível de 1,6% de NaOH sobre o teor de ácido butírico, sendo estimados os teores médios de 0,05 e 0,04% do ácido, respectivamente. Entretanto, os valores observados permitem inferir que a fermentação butírica foi controlada, favorecendo a qualidade da silagem produzida, que pode conter até 0,1% deste composto (CARVALHO et al., 2008). Nos níveis de 0,8 e 2,4% de NaOH verificou-se efeito quadrático do *buch* ($P<0,05$), com ponto de mínimo para os níveis de 91.667 e 76.923ufc/gMN de *buch*, respectivamente, e teor igual do ácido de 0,04%.

Na ausência de NaOH (nível zero) verificou-se efeito quadrático ($P<0,05$) do nível de *buch* sobre o teor de etanol, com ponto de mínimo para o nível de 125.900ufc/gMN de *buch* e valor de 2,35% do álcool. Entretanto, cabe ressaltar que o nível de 50.000ufc/gMN (recomendado pelo fabricante), na ausência do álcali, resultou no teor estimado de etanol de 5,23%, mais elevados que os observados para os níveis de 100.000 e 150.000ufc/gMN de *buch*. Não se verificou efeito de regressão do *buch* ($P>0,05$), no nível de 0,8% de NaOH, sobre o teor de etanol, sendo estimado o teor médio de 3,82% do álcool. No nível de 1,6% de NaOH verificou-se efeito quadrático do *buch* ($P<0,05$), com ponto de mínimo para o nível de

100.435ufc/gMN de *buch* e correspondendo a 2,34% do álcool. A associação de 1,6% de NaOH com 50.000ufc/gMN *buch* resultou no teor de etanol estimado de 2,92%. Para o nível de 2,4% de NaOH houve efeito linear decrescente de regressão do nível de *buch* ($P < 0,05$) sobre o teor de etanol, e estimou-se teor zero no nível de 101.000ufc/gMN e negativo acima deste nível. Verificou-se, portanto, que o nível próximo ao dobro do recomendado pelo fabricante associado ao nível de 2,4% do aditivo químico foi capaz de eliminar a fermentação alcoólica, sendo o teor de etanol reduzido de cerca de 10,5%, na silagem exclusiva de cana, para zero (Figura 7 e Tabela 15). O nível de 2,4% de NaOH foi mais efetivo que o nível de 1,6% no controle da fermentação etílica, não havendo diferença clara entre os dois níveis no que se refere aos demais produtos de fermentação. Entretanto, a manipulação de níveis mais elevados de NaOH na confecção de silagens tem implicações práticas desfavoráveis, no que se refere a conservação dos equipamentos e maquinário e no bem estar do operador.

Nos níveis zero, 1,6 e 2,4% de NaOH não se verificou efeito de regressão do nível de *buch* ($P > 0,05$) sobre o pH, sendo estimados os valores médios de 2,72, 3,80 e 4,70, respectivamente. O pH médio estimado das silagens contendo o maior nível do aditivo químico situou-se acima da faixa ideal (3,8-4,2) (MCDONALD et al., 1991). Por outro lado, houve efeito quadrático do *buch* ($P < 0,05$) associado ao nível de 0,8% de NaOH sobre o pH, com ponto de máximo para 108.823ufc/gMN de *buch*, correspondendo ao pH 4,25, atingindo valor de 4,11 quando da inclusão de 150.000ufc/gMN.

Numa análise global, considerando-se todos os produtos de fermentação, pode-se afirmar que o nível de 50.000ufc/gMN de *buch* (recomendado pelo fabricante), associado ao nível de 1,6% de NaOH, proporcionou silagem de boa qualidade, conciliando de forma satisfatória os níveis dos ácidos láctico, acético, propiônico e butírico e o valor de pH.

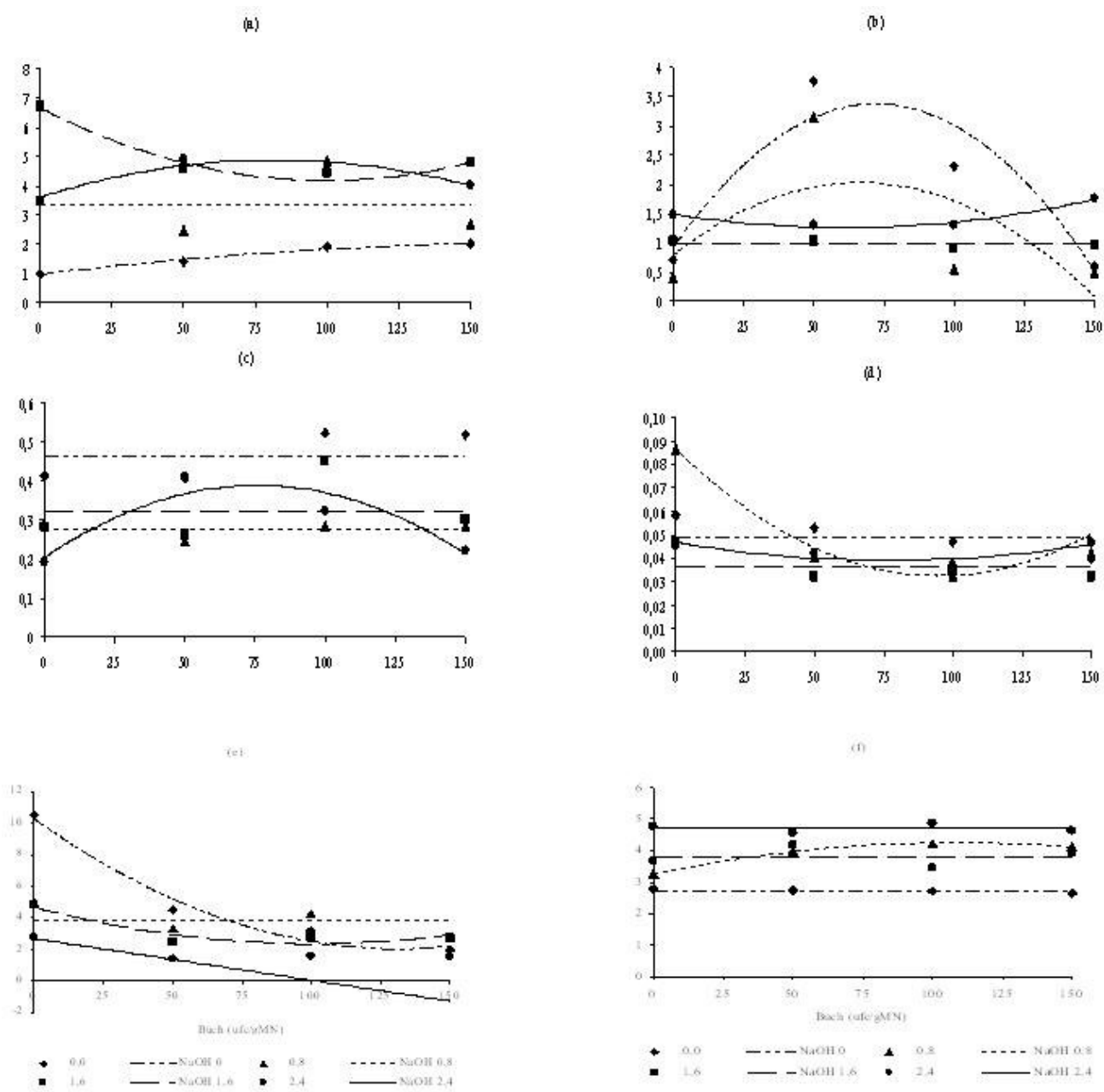


Figura 7. Teores de ácido lático (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de *Lactobacillus buchneri*, em cada nível de hidróxido de sódio

Na ausência do aditivo químico (nível zero de NaOH) e nos níveis de 1,6 e 2,4% de NaOH não se verificou efeito de regressão do nível de *buch* ($P>0,05$) sobre as perdas de gases, sendo estimadas as perdas médias de 19,36, 12,58 e 7,50% da MS, respectivamente. No nível de 0,8% do aditivo químico verificou-se efeito linear crescente de regressão do *buch* ($P<0,05$) sobre as perdas de gases, porém o valor médio foi inferior ao verificado na ausência do aditivo químico (nível zero de NaOH) e superior aos valores médios observados nos níveis de 1,6 e 2,4% de NaOH.

Não se verificou efeito de regressão do nível de *buch* ($P>0,05$) nos níveis zero, 0,8 e 2,4 % de NaOH sobre a perda por efluente das silagens. Os valores médios observados foram 38,57, 20,18 e 8,32kg/t de matéria verde ensilada, respectivamente. Entretanto, no nível de 1,6% de NaOH, verificou-se efeito quadrático do *buch* ($P<0,05$) sobre a perda por efluente, com ponto de mínimo para o nível de 88.000ufc/gMN do inoculante biológico e valor de 13,87kg/t de matéria verde ensilada. O valor estimado para o nível de 50.000ufc/gMN de *buch* foi de 14,56kg/ton de matéria verde ensilada.

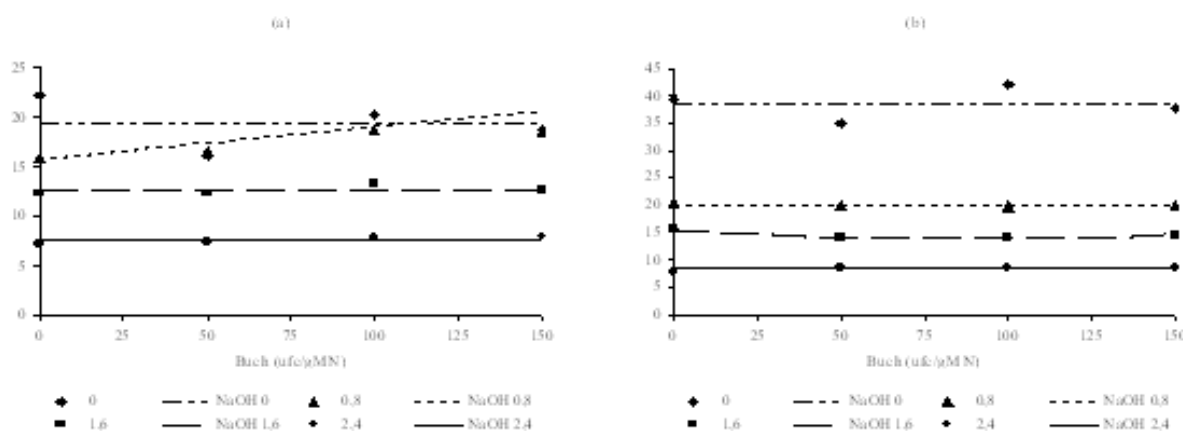


Figura 8. Níveis de perda gasosa (a) e de perda por efluentes (b) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de *Lactobacillus buchneri*, em cada nível de hidróxido de sódio

O conjunto composto pelos ácidos orgânicos, teor de etanol, pH, perda por gases e por efluentes decorrentes do processo fermentativo da ensilagem fornece a informação da fermentação característica ocorrida. Desta forma, o que parece ser interesse geral por parte dos pesquisadores e técnicos no tocante à silagem de cana-de-açúcar é a ocorrência de fermentação heteroláctica em detrimento à homoláctica, de modo que além do ácido lático estejam presentes na massa ensilada o ácido acético e o propiônico, a fim de que os mesmos

atuem na inibição das leveduras, consideradas o principal microrganismo deletério do valor nutritivo da silagem da cana-de-açúcar por promoverem a fermentação alcoólica e suportarem pH abaixo do considerado ideal para uma silagem. Assim, o nível de 50.000ufc/gMN de *buch* associado a 1,6% de NaOH proporcionou silagens com elevado teor de ácido lático, teor médio moderado de ácido acético ligeiramente acima de 1% e de ácido propiônico, teor reduzido de ácido butírico, controlou satisfatoriamente a fermentação alcoólica, reduzindo os níveis de etanol, e manteve o pH na faixa ideal de variação (3,8-4,2), além de controlar satisfatoriamente as perdas por gases e por efluentes.

Tabela 15. Equações de regressão para os teores de ácido lático (LAT), acético (ACET), propiônico (PROP), butírico (BUT), etanol (ETN), pH, perda por gases (PG), perda por efluentes (PE) em função do nível de *Lactobacillus buchneri*, em cada nível de hidróxido de sódio

Variável	NaOH	Equação	Pr>F	R ²	CV%
LAT	0	$\hat{y} = 0,9742+0,0117x-0,000031x^2$	<.0001	0,94	7,38
	0,8	$\hat{y} = 3,3929$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 6,6592-0,0498x+0,00025x^2$	<.0001	0,94	5,35
	2,4	$\hat{y} = 3,6122+0,0311x-0,00019x^2$	0,0002	0,85	5,60
ACET	0	$\hat{y} = 0,9188+0,0679x-0,00047x^2$	0,0002	0,85	31,99
	0,8	$\hat{y} = 0,7862+0,0373x-0,00028x^2$	0,0891	0,42	88,78
	1,6	$\hat{y} = 0,9748$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 1,4882-0,0076x+0,000062x^2$	0,0002	0,84	6,12
PROP	0	$\hat{y} = 0,4658$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 0,2757$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 0,3243$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 0,2045+0,00486x-0,000032x^2$	0,0002	0,85	13,54
BUT	0	$\hat{y} = 0,0494$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 0,0865-0,00114x+0,000006x^2$	<.0001	0,96	9,31
	1,6	$\hat{y} = 0,0362$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 0,0467-0,0002x+0,0000013x^2$	0,0442	0,50	8,88
ETN	0	$\hat{y} = 10,2802-0,1259x+0,00048x^2$	<.0001	0,96	13,86
	0,8	$\hat{y} = 3,8164$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 4,6585-0,0462x+0,00023x^2$	0,0011	0,78	16,67
	2,4	$\hat{y} = 2,6665-0,0264x$	0,0202	0,58	28,23
pH	0	$\hat{y} = 2,7175$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 3,2465+0,0185x-0,000085x^2$	0,0009	0,79	5,87
	1,6	$\hat{y} = 3,8050$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 4,7000$ (ns)			
PG	0	$\hat{y} = 19,3649$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 15,7932+0,0329x$	0,0027	0,73	4,34
	1,6	$\hat{y} = 12,5847$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 7,4966$ (ns)			
PE	0	$\hat{y} = 38,5659$ (ns)			
	0,8	$\hat{y} = 20,1813$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 15,4240-0,0352x+0,0002x^2$	0,0037	0,71	2,95
	2,4	$\hat{y} = 8,3200$ (ns)			

ns - não houve efeito de regressão ao nível de 5% de probabilidade

No que se refere aos teores de FDN, FDA, lignina e MM, verificou-se efeito de interação entre nível de *buch* e nível de NaOH ($P < 0,05$). Entretanto, não houve efeito de interação ($P > 0,05$) entre os aditivos para o teor de MS e DIVMS. Os resultados referentes às frações da fibra em detergente neutro (a), fibra em detergente ácido (b), lignina (c), teor de matéria mineral (d), teor de matéria seca (e) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (f) são apresentados na Figura 9. As equações de regressão são apresentadas na Tabela 16.

Na ausência do aditivo químico (nível zero de NaOH) verificou-se efeito linear decrescente de regressão ($P < 0,05$) do nível de *buch* sobre o teor de FDN, com valores estimados de 62,4; 57,3 e 52,1% para os níveis de 50.000; 100.000 e 150.000 ufc/gMN de *buch*, respectivamente. Entretanto, não se verificou efeito de regressão ($P > 0,05$) do nível de *buch* associado aos níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% de NaOH sobre o teor de FDN, com teores médios estimados de 59,79, 48,85 e 34,90%, respectivamente. Nos tratamentos em que se incluiu o NaOH, os níveis de FDN foram mais baixos que na sua ausência. Entretanto, nota-se que o *buch* teve também influência sobre o teor de FDN, tendendo a reduzi-lo. O maior nível do aditivo químico conferiu o menor teor médio, o que pode ser atribuído à sua ação de solubilização dos constituintes da fibra pelo NaOH.

Na ausência do NaOH (nível zero de NaOH) verificou-se efeito quadrático do nível de *buch* ($P < 0,05$) sobre o teor de FDA, com ponto de mínimo para o nível de 104.667 ufc/gMN de *buch* e teor correspondente de 36,87% desta fração. Nos níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% de NaOH não se observou efeito de regressão do *buch* ($P > 0,05$), sendo estimados teores médios de 37,25, 32,48 e 27,41% de FDA, respectivamente, desta forma, o maior nível de NaOH proporcionou o menor teor médio para esta fração, o que é interessante nutricionalmente devido à disponibilização de celulose incrustada pela lignina, que cria uma espécie de “barreira física”, dificultando o acesso e digestão pelos microrganismos ruminais.

No nível zero de NaOH (apenas *buch*) verificou-se efeito quadrático do aditivo biológico ($P < 0,05$) sobre o teor de lignina, com ponto de mínimo correspondendo ao nível de 91.500 ufc/gMN de *buch* e 7,29% da referida fração. Entretanto, não se verificou efeito de regressão do nível de *buch* ($P > 0,05$) nos níveis 0,8, 1,6 e 2,4% de NaOH sobre o teor de lignina, sendo estimados teores médios de 7,79; 6,17 e 5,06%, respectivamente.

Na ausência de NaOH (nível zero de NaOH) verificou-se efeito linear decrescente de regressão do nível de *buch* ($P < 0,05$) sobre o teor de matéria mineral, resultando no menor teor médio. Nos níveis de 0,8 e 1,6% do aditivo químico não se verificou efeito de regressão ($P < 0,05$) do nível de *buch*, entretanto, observou-se elevação do teor médio desta fração, sendo estimados teores médios de 7,73 e 10,06%, respectivamente. No maior nível de NaOH

verificou-se efeito quadrático do *buch* ($P < 0,05$), com ponto de mínimo para o nível 90.600ufc/gMN de *buch*, correspondendo a 9,95% de MM.

Ao se analisar os teores de FDN, FDA, lignina e MM de maneira conjunta, observa-se que com a inclusão de NaOH houve redução dos teores de FDN, FDA e lignina e elevação dos teores de MM.

Não se verificou efeito de regressão ($P > 0,05$) do nível de *buch* sobre o teor de MS e sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e verificou-se valor médio de 21,38% e 45,45% no teor de matéria seca e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, respectivamente.

Ao se analisar em conjunto as variáveis avaliadas nas silagens do presente estudo, pode-se inferir que o nível de 50.000ufc/gMN de *buch* associado ao nível de 1,6% de NaOH proporcionou o segundo menor teor de FDN, FDA, e de lignina e o segundo maior teor de MM. Entretanto, os níveis crescentes de *buch* não proporcionaram efeito sobre o teor de MS e a DIVMS.

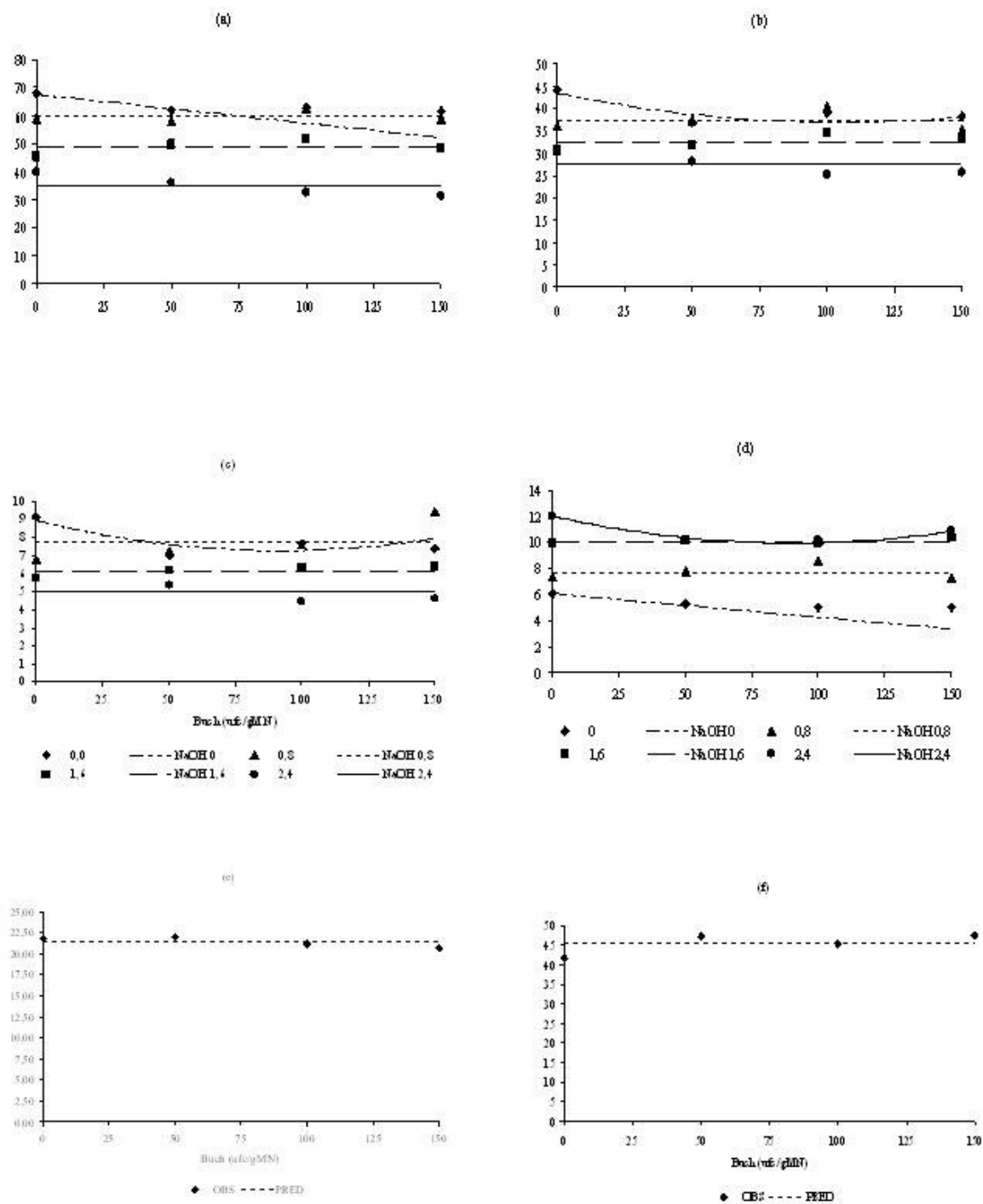


Figura 9. Teores de fibra em detergente neutro (a), fibra em detergente ácido (b), lignina (c), matéria mineral (d), matéria seca (e) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de *Lactobacillus buchneri*, em cada nível de hidróxido de sódio

Tabela 16. Equações de regressão para os teores de FDN, FDA, lignina (LIG), MM, em função do nível de *Lactobacillus buchneri*, em cada nível de hidróxido de sódio e para matéria seca (MS) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em função do nível de *Lactobacillus buchneri*

Variável	NaOH	Equação	Pr>F	R2	CV%
FDN	0	$\hat{y} = 67,603 - 0,1032x$	0,0107	0,63	3,29
	0,8	$\hat{y} = 59,7908$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 48,8512$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 34,8980$ (ns)			
FDA	0	$\hat{y} = 43,4412 - 0,1256x + 0,0006x^2$	0,0057	0,68	4,66
	0,8	$\hat{y} = 37,2498$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 32,4802$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 27,4146$ (ns)			
LIG	0	$\hat{y} = 8,9668 - 0,0366x + 0,0002x^2$	0,0094	0,65	7,50
	0,8	$\hat{y} = 7,7954$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 6,1682$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 5,0645$ (ns)			
MM	0	$\hat{y} = 6,0570 - 0,0181x$	0,0058	0,68	6,31
	0,8	$\hat{y} = 7,7331$ (ns)			
	1,6	$\hat{y} = 10,0623$ (ns)			
	2,4	$\hat{y} = 11,9980 - 0,0453x + 0,00025x^2$			
MS	-	$\hat{y} = 21,3803$ (ns)			
DIVMS	-	$\hat{y} = 45,4509$ (ns)			

ns - não houve efeito de regressão ao nível de 5% de probabilidade

Tendo em vista a ocorrência de efeito de interação ($P < 0,05$) entre os níveis de NaOH e de *buch* para os teores dos ácido láctico, acético, propiônico e butírico e de etanol, para o pH e para perdas por gases e por efluentes, avaliou-se também o efeito do nível de NaOH dentro de cada nível de *buch*. Os resultados para os teores dos ácidos láctico (a), acético (b), propiônico (c) e butírico (d) e de etanol (e) e para o pH (f) em função do nível de NaOH, em cada nível de *buch* são apresentados na Figura 10 e para as perdas por gases (a) e por efluentes (b) são apresentados na Figura 11. As equações de regressão são apresentadas na Tabela 17.

Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do nível de NaOH sobre o teor de ác. láctico, atingindo ponto de máximo no nível de 1,5% de NaOH, correspondendo ao teor de ácido láctico de 5,7% (Figura 10a e Tabela 17). No nível de 50.000ufc/gMN de *buch* (nível recomendado pelo fabricante) verificou-se efeito linear crescente de regressão ($P < 0,05$) do nível do álcali sobre o teor de ácido láctico, obtendo-se os teores estimados de 3,06, 4,87 e 6,67% deste ácido, respectivamente, para os níveis 0,8, 1,6 e 2,4% de NaOH. No nível de 100.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático de NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor do ácido láctico, com ponto de máximo para o nível de 1,62% de NaOH, correspondendo a 5,03% de ácido láctico. No nível de 150.000ufc/gMN do *buch*

verificou-se efeito linear crescente de regressão ($P < 0,05$) do NaOH sobre o teor de ácido láctico, com valores estimados de 3,68; 5,57 e 7,45% do referido ácido para os níveis 0,8, 1,6 e 2,4% do álcali, respectivamente. Conforme observado acima, o NaOH, associado aos níveis de 50.000 e 150.000ufc/gMN de *buch*, proporcionou efeito linear crescente de regressão ($P < 0,05$), sendo que o nível mais elevado de *buch* gerou estimativas de ácido láctico 0,62; 0,70 e 0,78 unidades percentuais mais elevadas que o nível mais baixo (50.000ufc/gMN) para níveis de NaOH de 0,8, 1,6 e 2,4%, respectivamente. Cabe ressaltar que 150.000ufc/gMN de *buch* corresponde ao triplo do nível recomendado pelo fabricante, o que elevaria substancialmente o custo de produção da silagem. Além disso, o nível de 50.000ufc/gMN de *buch*, associado ao nível de 1,6% de NaOH, proporcionou produção suficiente de ácido láctico para manutenção de pH adequado e conservação da silagem.

Verificou-se na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) efeito quadrático de NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de ác. acético, com ponto de mínimo para o nível de 0,59% de NaOH e teor de 0,54% deste ácido. No nível de 50.000ufc/gMN de *buch* houve efeito linear decrescente de regressão ($P < 0,05$) do nível de NaOH sobre o teor de ác. acético, o que está em concordância com o efeito de regressão linear crescente ($P < 0,05$) do NaOH em associação com mesmo nível de *buch* sobre o teor do ác. láctico, evidenciando a relação negativa entre os teores dos dois ácidos, anteriormente discutida. O nível de 50.000ufc/gMN de *buch*, na ausência de NaOH (nível zero), resultaria em nível de 3,95% de ác. acético, conforme indicado pela equação de regressão, nível este alto que teria efeito negativo sobre o consumo de silagem pelo animal. O mesmo nível de *buch* associado a 1,6% de NaOH resultaria no teor estimado de ác. acético de 0,34%. Este teor seria suficiente para controlar a fermentação alcoólica, mantendo-se o teor de etanol próximo a 3% na silagem. Nos níveis de 100.000 e 150.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático de NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de ác. acético das silagens, com pontos de mínimo para o nível de 1,39 e 0,50% de NaOH, correspondendo a 0,55 e 0,50% de acetato, respectivamente. Pode-se, portanto, verificar que o nível de 50.000ufc/gMN de *buch* em associação a 1,6% de NaOH manteve níveis de ác. acético próximos aos pontos de mínimo verificados para os níveis de *buch* de 100.000 e 150.000ufc/gMN, em associação ao NaOH.

Na ausência do inoculante biológico (nível zero de *buch*) verificou-se efeito de regressão linear decrescente ($P < 0,05$) do nível de NaOH sobre o teor de ácido propiônico, de tal forma que para os níveis de 1,6 e 2,4% de NaOH verificaram-se os mais baixos teores de ácido propiônico de todos os tratamentos. O *Lactobacillus buchneri* promove a síntese do ácido propiônico, de forma semelhante ao verificado para o ácido acético (Pedroso, 2003). No

nível de 50.000ufc/gMN de *buch* houve efeito quadrático de NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de ác. propiônico, com ponto de mínimo para o nível de 1,19% de NaOH, correspondendo a 0,23% de propionato. Não se verificou efeito de regressão ($P > 0,05$) do NaOH no nível de 100.000ufc/gMN de *buch* sobre o teor de ác. propiônico das silagens, sendo estimado o valor médio de 0,40% do referido ácido, superior aos teores observados para os demais níveis do inoculante biológico. No nível de 150.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de ác. propiônico, com ponto de mínimo para o nível de 2,09% de NaOH, correspondendo a 0,23% deste ácido, o que foi semelhante ao teor no ponto de mínimo observado para o nível de 50.000ufc/gMN de *buch*, porém, requerendo o maior nível do álcali para máxima inibição da atividade do inoculante de sintetizar o referido ácido. De uma maneira geral, pode-se concluir que os teores de ác. propiônico das silagens mantiveram-se baixos para todas as combinações do aditivo biológico e NaOH, verificando-se que os teores de ácido propiônico tenderam a variar em sentido oposto aos teores de ác. láctico.

Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) não se verificou efeito de regressão do NaOH ($P > 0,05$) sobre o teor de ácido butírico das silagens, sendo estimado teor médio de 0,06% do referido ácido para os diversos níveis de NaOH. Este teor encontra-se na faixa de variação de 0,04-0,1, citada por Schmidt (2006) como indicativo da eficiência do processo fermentativo. Nos níveis de 50.000 e 100.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de ác. butírico, com ponto de mínimo para os níveis de 1,68 e 1,32% do aditivo químico, correspondendo aos teores de 0,04 e 0,03% de butirato, respectivamente. Para o nível de 150.000ufc/gMN de *buch* não se verificou efeito de regressão do NaOH ($P > 0,05$) sobre o teor de ác. butírico das silagens, estimando-se o teor médio de 0,04% deste ácido. Na produção do ácido butírico, aminoácidos são utilizados como substrato. Possivelmente, o baixo teor de proteína da cana-de-açúcar explique os baixos teores de ácido butírico verificados em todos os tratamentos.

No nível zero de *buch* (ausência do inoculante biológico), verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de etanol, com ponto de mínimo para o nível de 2,27% de NaOH, o qual correspondeu a 3,1% do álcool. No nível de 50.000ufc/gMN de *buch* não se verificou efeito de regressão do NaOH ($P > 0,05$) sobre o teor de etanol, sendo estimado o teor médio de 2,91% do álcool, correspondendo ao segundo menor teor médio entre os tratamentos. Nos níveis de 100.000 e 150.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático dos níveis de NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de etanol, com ponto de máximo para o nível 0,75 e 1,08% do álcali e valores de 3,85 e 2,88% do álcool, respectivamente. Os resultados sugerem que o NaOH agiu de forma sinérgica com o *buch*, controlando a fermentação

alcoólica no meio anaeróbico do silo. Na ausência de *buch*, o teor de etanol decresceu de cerca de 10% para o nível zero de NaOH, estabilizando-se em níveis próximos aos verificados para os tratamentos em que se incluiu *buch*, a partir do nível de 1,6% de NaOH. Possivelmente, após a abertura do silo, a conservação da silagem nos tratamentos contendo *buch* possa ser melhor, devido à produção de ácido acético induzida pelo inoculante biológico (PEDROSO, 2003).

Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) não se verificou efeito de regressão do NaOH ($P > 0,05$) sobre o pH, o mesmo ocorrendo no nível de 100.000ufc/gMN de *buch*, observando-se os valores de pH muito próximos, de 3,61 e 3,81 respectivamente, o que pode ser atribuído aos teores de 5,68 e 5,03% de ácido láctico observado para as referidas combinações, respectivamente. Para o nível de *buch* de 50.000ufc/gMN verificou-se efeito quadrático de regressão ($P < 0,05$) do NaOH sobre o pH, com ponto de máximo para o nível de 2,27% de NaOH, com valor correspondente de pH de 4,51. Este pH é muito próximo ao valor estimado de 4,49 para o maior nível de adição de NaOH de 2,4%. Também para o nível de *buch* de 150.000ufc/gMN verificou-se efeito de regressão ($P < 0,05$), neste caso linear crescente, com o valor máximo estimado de pH de 6,2 para o nível de 2,4% de NaOH. Embora não havendo uma explicação biológica para o valor mais elevado de pH quando o *buch* foi incluído no nível mais elevado, a elevação do pH com o aumento da dose de NaOH está coerente com o fato de ser esta uma base extremamente forte. Considerando-se a faixa de pH apontada como ideal para silagens de 3,8 a 4,2 (MCDONALD et al., 1991), pode-se admitir que o nível maior de NaOH (2,4%) tendeu a elevar o pH da silagem acima dos limites considerados ótimos. Mesmo o nível de 1,6% de NaOH deu origem a valores de pH em torno de 4,3, acima dos valores de pH observados quando se utilizou o CaO como aditivo químico, em lugar do NaOH.

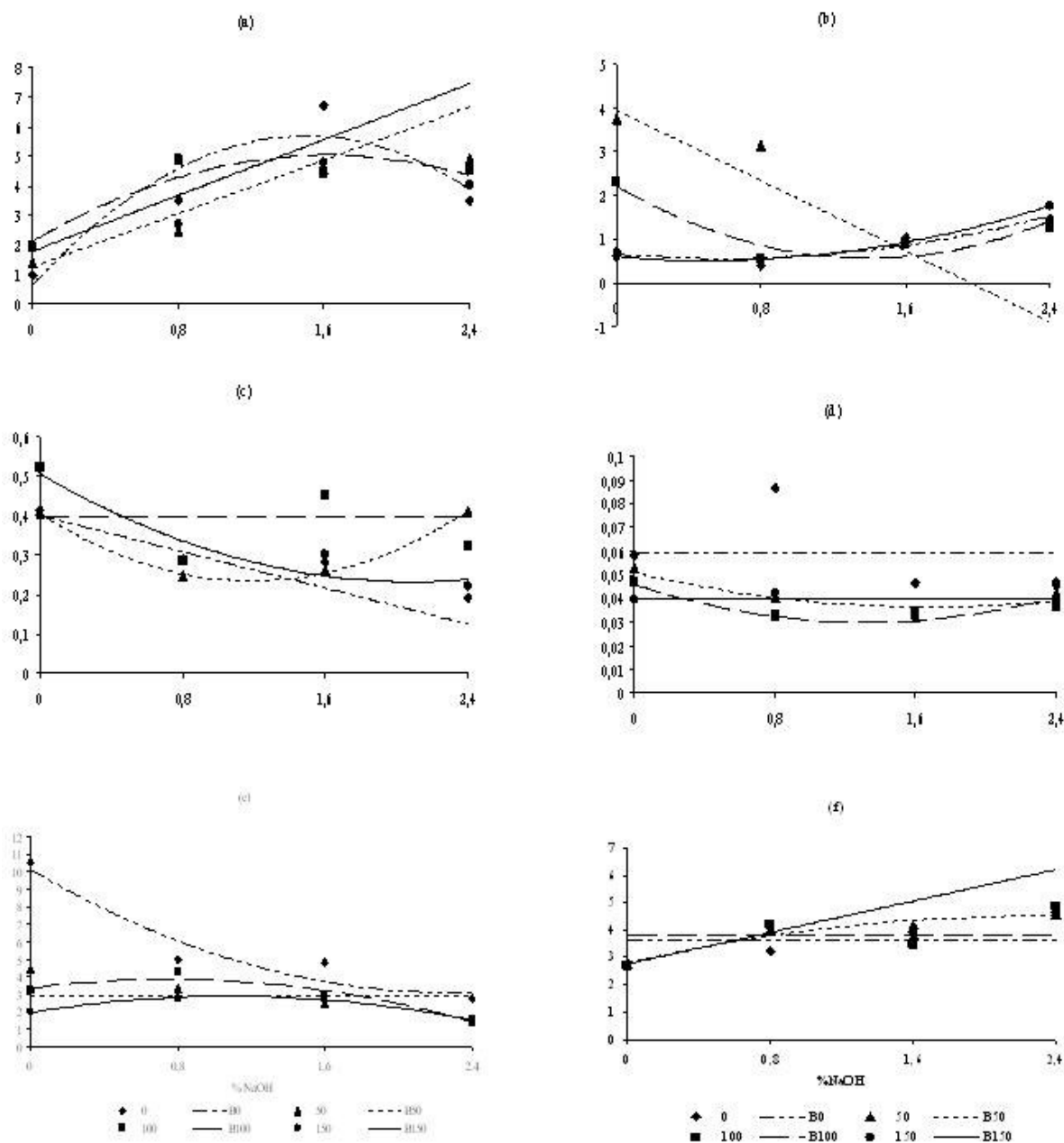


Figura 10. Teores de ácido láctico (a), acético (b), propiônico (c), butírico (d), etanol (e) e pH (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri*

Tabela 17. Equações de regressão para os teores de ácido láctico (LAT), acético (ACET), propiônico (PROP), butírico (BUT), etanol (ETN), pH, perda por gases (PG), perda por efluentes (PE) em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri*

Variável	Buch	Equação	Pr>F	R ²	CV%
LAT	0	$\hat{y} = 0,6467+6,7125x-2,2344x^2$	0,0002	0,84	25,07
	50	$\hat{y} = 1,2600+2,2562x$	<.0001	0,95	11,33
	100	$\hat{y} = 2,1268+3,5919x-1,1107x^2$	0,0002	0,85	13,56
	150	$\hat{y} = 1,7972+2,3569x$	0,0007	0,80	16,75
ACET	0	$\hat{y} = 0,6517-0,3583x+0,3021x^2$	<.0001	0,88	18,27
	50	$\hat{y} = 3,9518-2,0206x$	0,0002	0,84	23,36
	100	$\hat{y} = 2,2090-2,3762x+0,8515x^2$	0,0001	0,86	22,44
	150	$\hat{y} = 0,5883-0,3437x+0,3463x^2$	<.0001	0,99	6,21
PROP	0	$\hat{y} = 0,4000-0,1146x$	<.0001	0,90	9,74
	50	$\hat{y} = 0,4048-0,2877x+0,1211x^2$	<.0001	0,97	4,65
	100	$\hat{y} = 0,3965$ (ns)			
	150	$\hat{y} = 0,5057-0,2617x+0,0625x^2$	<.0001	0,87	14,37
BUT	0	$\hat{y} = 0,0593$ (ns)			
	50	$\hat{y} = 0,0510-0,0175x+0,0052x^2$	0,0079	0,66	11,12
	100	$\hat{y} = 0,0458-0,0240x+0,0091x^2$	0,0033	0,72	11,76
	150	$\hat{y} = 0,0400$ (ns)			
ETN	0	$\hat{y} = 10,1510-6,2112x+1,3672x^2$	<.0001	0,92	16,47
	50	$\hat{y} = 2,9146$ (ns)			
	100	$\hat{y} = 3,3438+1,3402x-0,8919x^2$	0,0007	0,80	17,86
	150	$\hat{y} = 1,9502+1,7148x-0,7904x^2$	0,0039	0,71	17,59
pH	0	$\hat{y} = 3,6125$ (ns)			
	50	$\hat{y} = 2,8073+1,4987x-0,3307x^2$	<.0001	0,94	4,99
	100	$\hat{y} = 3,8083$ (ns)			
	150	$\hat{y} = 2,7708+1,4344x$	0,0007	0,80	10,06
PG	0	$\hat{y} = 21,9703-7,1058x$	<.0001	0,98	5,63
	50	$\hat{y} = 16,3930+1,1954x-2,1172x^2$	<.0001	0,97	5,26
	100	$\hat{y} = 20,6025-1,8531x-1,4961x^2$	<.0001	0,98	5,57
	150	$\hat{y} = 19,0365-0,5939x-1,7513x^2$	<.0001	0,96	7,28
PE	0	$\hat{y} = 38,6312-22,9173x+4,3320x^2$	<.0001	0,97	10,37
	50	$\hat{y} = 34,5795-19,3527x+3,5950x^2$	<.0001	0,99	5,73
	100	$\hat{y} = 41,1907-29,0054x+6,5703x^2$	<.0001	0,98	10,27
	150	$\hat{y} = 37,2107-22,6262x+4,5443x^2$	<.0001	0,98	8,24

ns - não houve efeito de regressão ao nível de 5% de probabilidade

Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) verificou-se efeito linear decrescente de regressão do NaOH ($P<0,05$) sobre as perdas gasosas com valores observados de 16,29; 10,60 e 4,92% da MS, respectivamente, para os níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% de NaOH. No nível de 50.000ufc/gMN *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P<0,05$) sobre as perdas gasosas, com ponto de máximo para o nível de 0,28% de NaOH e valor de perda gasosa correspondente de 16,56 % da MS, a qual reduziu-se gradualmente com o aumento do nível do álcali (Figura 11a e Tabela 17). Houve, no nível de 100.000ufc/gMN de *buch*, efeito quadrático do NaOH ($P<0,05$) sobre a perda gasosa, com ponto de máximo para o nível

0,62% do aditivo químico, correspondente a 18,88% da MS. No nível de 150.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre a perda por gases, com ponto de máximo para o nível de 0,17% de NaOH e valor de 18,89% da MS de perda gasosa, o qual foi praticamente semelhante ao observado no nível de 100.000ufc/gMN de *buch*, porém, com nível de 0,62% do aditivo químico. Fica claro, entretanto, na Figura 11a, que o NaOH foi efetivo na redução das perdas de gases, as quais ficaram abaixo de 10% para o nível de 2,4% de NaOH e abaixo de 15% para o nível de 1,6% de NaOH, independentemente do nível de *buch*.

Verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) em associado aos diferentes níveis de *buch* (nível zero de *buch*, 50.000, 100.000 e 150.000ufc/gMN de *buch*) sobre a perda por efluente. Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) o ponto estimado de mínimo ocorreria no nível de 2,65% de NaOH e o valor de perda por efluente estimado seria de 8,32 kg/ton de matéria verde ensilada. Entretanto, este nível de NaOH seria uma extrapolação, uma vez que foi superior ao maior nível do álcali testado. De forma semelhante, no nível de 50.000ufc/gMN de *buch* o ponto de mínimo foi atingido no nível de 2,69% de NaOH (extrapolação) e proporcionaria perda por efluentes de 8,53kg/ton de matéria verde ensilada. No nível de 100.000ufc/gMN de *buch* estimou-se ponto de mínimo para o nível de 2,21% de NaOH, correspondente a 9,18kg/ton de matéria verde de perda por efluentes. No nível de 150.000ufc/gMN de *buch* o ponto de mínimo estimado seria de 2,49% de NaOH, com perda por efluente de 9,05kg/ton de matéria verde. O ponto de mínimo estimado é uma extrapolação, por encontrar-se acima do maior nível de NaOH utilizado no estudo.

Analisando em conjunto o efeito da inclusão de níveis crescentes de NaOH associados aos níveis individuais de *buch*, pode-se inferir que a associação do NaOH no nível de 1,6%, com o nível de 50.000ufc/gMN de *buch*, conciliou de forma satisfatória os resultados do vários produtos de fermentação. Desta forma, manteve nível satisfatório de ác. láctico, exerceu controle sobre a produção de ácido acético, originou teor moderado de ácido propiônico, resultou no segundo teor mais baixo de ác. butírico, dentro da faixa considerada adequada, controlou a fermentação etílica com produção de etanol 6% inferior ao verificado na silagem exclusiva de cana, manteve o pH em 4,3, praticamente na faixa ideal de variação (3,8-4,2) segundo McDonald et al. (1991). Além disso, essa combinação manteve as perdas por gases e por efluentes em níveis relativamente baixos.

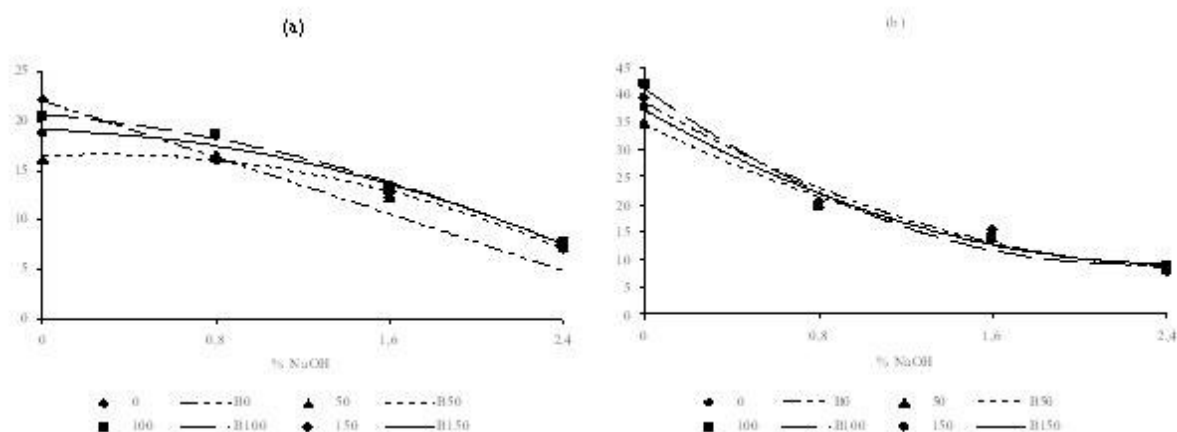


Figura 11. Níveis de perda gasosa (a) e de perda por efluentes (b) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri*

Verificou-se efeito da interação ($P < 0,05$) dos aditivos NaOH e *buch* sobre o teor de FDN, FDA, lignina e MM, desta forma avaliou-se o efeito do nível de NaOH dentro de nível de *buch* para estas variáveis. Entretanto, não se verificou efeito da interação ($P > 0,05$) entre os aditivos para o teor de MS e para a DIVMS das silagens. Os resultados são apresentados na Figura 12 e as equações de regressão na Tabela 18.

Na ausência de *buch* (nível zero de *buch*) verificou-se efeito linear decrescente de regressão do nível de NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de FDN, observando-se os teores de 56,36; 44,06 e 31,75% de FDN para os níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% do aditivo químico, respectivamente, o que pode ser explicado pela solubilização das frações fibrosas da silagem da cana, principalmente hemicelulose e lignina. A hemicelulose é mais estreitamente associada com a lignina do que com qualquer outra fração de polissacarídeos (SULLIVAN, 1966). Com a solubilização ou destruição da lignina pelo álcali, ocorre solubilização de hemicelulose (VAN SOEST, 1983). Com a elevação do teor de NaOH, houve redução de mais de 24 unidades percentuais no teor de FDN, possivelmente a maior parte representando perda de hemicelulose. Nos níveis de 50.000, 100.000 e 150.000 ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre a FDN. No nível de 50.000 ufc/gMN de *buch* atingiu-se o ponto de máximo estimado no nível de 0,217% de NaOH, correspondendo ao teor de 62,17% de FDN e teores estimados de FDN de 58,3; 49,71 e 36,11% para os níveis de NaOH de 0,8; 1,6 e 2,4% respectivamente. Na inclusão de 100.000 ufc/gMN de *buch* o ponto de máximo foi atingido no nível 0,33% de NaOH e proporcionou valor estimado de 63,94% de FDN e teores estimados de FDN de 62,30; 52,08 e 32,37%, para os níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% de NaOH, respectivamente. Com o nível de 150.000 ufc/gMN de *buch* verificou-se

ponto de máximo para o nível 0,12% de NaOH com teor de FDN de 61,58% e teores de FDN de 58,87; 48,72 e 31,03%, para os níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% de NaOH, respectivamente. Ao se comparar o teor de FDN nos diferentes níveis de *buch*, pode-se inferir que o efeito de redução desta fração deve ser atribuído basicamente ao aditivo químico. Entretanto, o NaOH, quando incluído no nível mais alto, interagiu com o *buch* promovendo queda mais acentuada do teor de FDN da silagem.

No nível zero de *buch* (ausência de *buch*) verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de FDA, com ponto de mínimo para o nível de 2,08% do aditivo químico e valor correspondente de 30,31% de FDA. Houve efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$), no nível de 50.000ufc/gMN de *buch*, sobre o teor de FDA, com ponto de máximo para o nível 0,06% de NaOH e nível de 37,24% de FDA, sendo estimados teores de 36,28; 33,05 e 27,54% desta fração para os níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% do álcali, respectivamente. No nível de 100.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de FDA, com ponto de máximo para o nível de 0,46% do aditivo químico e teor de 40,15% de FDA, o qual reduziu-se a medida que se aumentou o nível de NaOH, verificando-se teor de FDA 15 unidades percentuais mais baixo para o maior nível de NaOH (2,4%), o que pode representar, em grande parte, a solubilização da celulose e da lignina contidas nesta fração da fibra. Não houve efeito de regressão do NaOH ($P > 0,05$) no nível de 150.000ufc/gMN de *buch* sobre o teor de FDA. Entretanto, observou-se para esse nível de *buch* o menor teor médio estimado para esta fração.

Para o teor de lignina verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) na ausência de *buch* (nível zero de *buch*), com ponto de mínimo para o nível 1,95% de NaOH e 5,61% de lignina. No nível de 50.000ufc/gMN de *buch* não se verificou efeito de regressão do NaOH ($P > 0,05$) sobre o teor de lignina, sendo estimado o valor médio de 6,46% desta fração. Na inclusão do nível de 100.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de lignina, com ponto de máximo para o nível de 0,18% de NaOH, correspondendo a 7,78%, observando-se redução dos teores desta fração para 7,52, 6,42 e 4,45% para os níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% de NaOH, respectivamente. De forma semelhante, no nível de 150.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de lignina, com ponto de máximo para o nível de 0,73% do aditivo químico e 8,52% da referida fração. A redução do teor de lignina, embora pequena em termos absolutos, supostamente teria grande influência na redução do conteúdo de hemicelulose e, conseqüentemente, do teor de FDN (SULLIVAN, 1966).

No nível zero de *buch* não se verificou efeito de regressão do NaOH ($P > 0,05$) sobre o teor de matéria mineral, sendo estimado o valor médio de 8,83% para esta fração. Houve efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) associado a 50.000ufc/gMN de *buch* para o teor de matéria mineral, com ponto de máximo para o nível de 2,38% de NaOH próximo ao maior nível de NaOH utilizado (2,4%), e teor de 10,33% de MM, o que pode ser atribuído a quantidade de mineral adicionado a silagem. De forma semelhante, no nível de 100.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de MM, com ponto de máximo atingido no nível 2,01% do aditivo químico, correspondendo ao valor estimado de 10,31% desta fração, próximo ao teor estimado de MM para o maior nível de NaOH (2,4%), de 10,14%, evidenciando teores elevados de matéria mineral em resposta à inclusão de níveis elevados do aditivo químico. No nível de 150.000ufc/gMN de *buch* verificou-se efeito linear crescente de regressão do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de MM, estimando-se teores de MM de 8,18, 11,52 e 14,86% para os níveis de 0,8, 1,6 e 2,4% do álcali, respectivamente.

Verificou-se ausência de interação entre níveis de NaOH e *buch* e efeito quadrático do NaOH ($P < 0,05$) sobre o teor de matéria seca das silagens, com ponto de mínimo para o nível 0,92% do álcali, correspondendo a 20,7% de MS. Houve ligeira elevação do teor de MS em função do aumento posterior do nível do aditivo químico, estimando-se o valor de 22,3% de MS para o nível de 2,4% de NaOH. Esses resultados evidenciam que as silagens obtidas em todos os tratamentos possuem baixo teor de MS, o que pode ter efeito restritivo sobre o consumo.

Para a DIVMS, verificou-se ausência da interação dos aditivos químico e biológico e efeito linear crescente de regressão do NaOH ($P < 0,05$) sobre esta variável, o que pode ser atribuído a redução das frações fibrosas, FDN, FDA e lignina e rompimento de ligações ésteres glicosídicas e, desta forma, concorrendo para a elevação da digestibilidade da silagem. A DIVMS estimada para o nível de 1,6% de NaOH foi de 66,17% a qual situou-se entre os valores de 65,4 e 67,3% observados por Pedroso (2003) para a silagem de cana aditivada com NaOH nos níveis de 2 e 3%, respectivamente. Para o nível de 2,4% de NaOH o valor estimado foi de 76,7%, valor este acima do esperado para silagem de cana-de-açúcar.

O uso do *Lactobacillus buchneri* como aditivo na ensilagem da cana tem funções específicas sobre os produtos da fermentação, controle da fermentação alcoólica, melhoria da estabilidade aeróbica (PEDROSO, 2003). Entretanto, a atuação do referido aditivo sobre o teor de fibra da silagem da cana não é relatada, porém, no presente estudo, a associação do nível de NaOH com o nível de 50.000ufc/gMN de *buch*, além de ter proporcionado valores

desejáveis dos ácidos orgânicos, controlado a fermentação alcoólica e as perdas decorrentes do processo, não comprometeu a ação específica do aditivo químico em solubilizar a fibra da silagem da cana. Assim sendo, o nível de 1,6% de NaOH, associado a 50.000ufc/gMN de *buch* proporcionou redução dos teores de FDN, FDA, teor moderado de lignina, e elevação dos teores de MM. Entretanto, o nível de 1,6% de NaOH proporcionou DIVMS de 66,17%, o qual foi cerca de 10 unidades percentuais inferior ao maior nível do álcali utilizado, o que merece atenção no cômputo da relação benefício : custo para auxiliar na tomada de decisão.

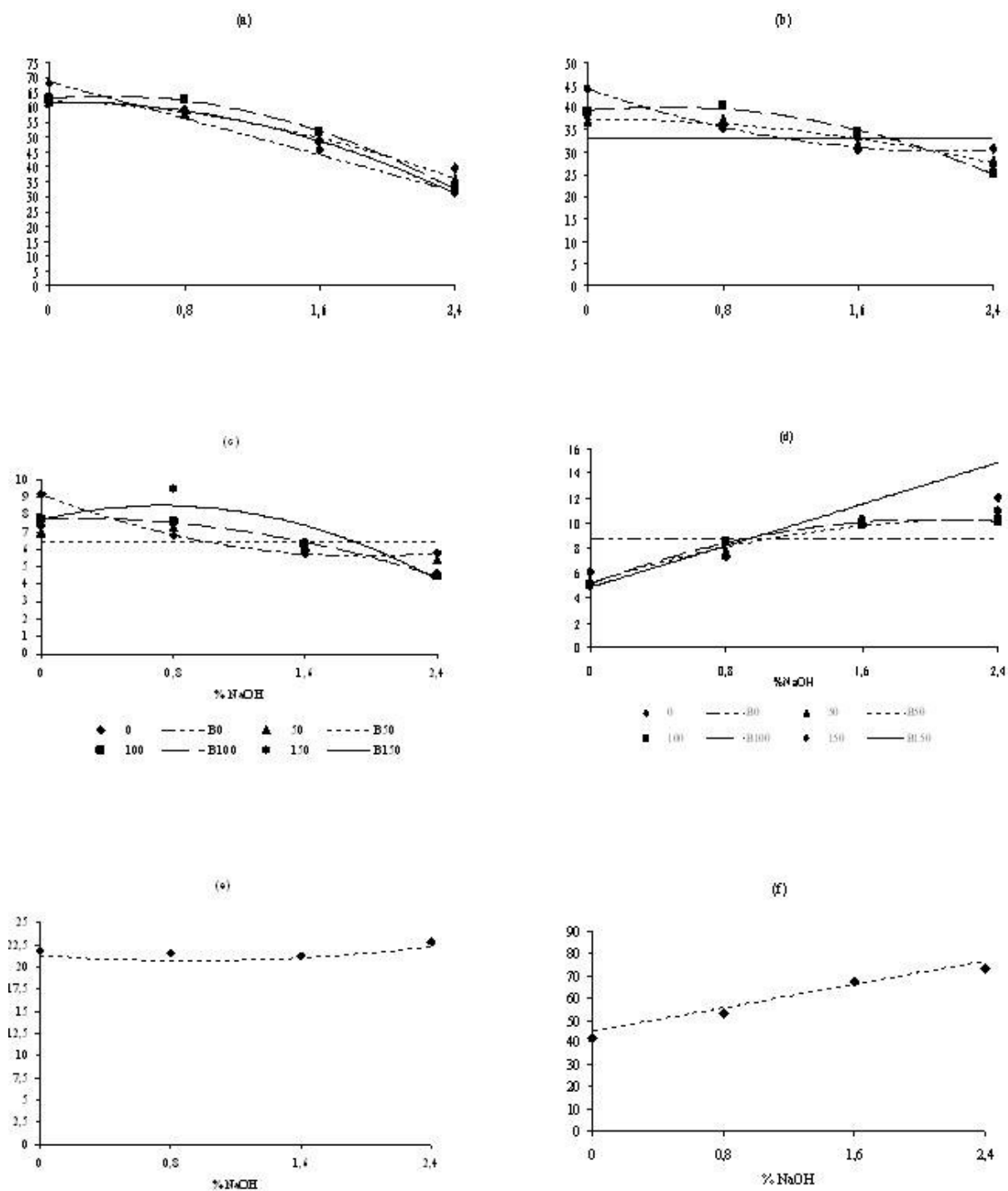


Figura 12. Teores de FDN (a), FDA (b), lignina (c), MM (d), MS (e) e DIVMS (f) das silagens de cana-de-açúcar em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri*

Tabela 18. Equações de regressão para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria mineral (MM), em função do nível de hidróxido de sódio, em cada nível de *Lactobacillus buchneri* e para os teores matéria seca (MS) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em função dos níveis de hidróxido de sódio

Variável	Buch	Equação	Pr>F	R ²	CV%
FDN	0	$\hat{y} = 66,6658 - 15,3802x$	<.0001	0,95	5,39
	50	$\hat{y} = 62,1293 - 1,6550x - 3,8177x^2$	<.0001	0,90	7,26
	100	$\hat{y} = 63,1572 - 4,8090x - 7,3477x^2$	<.0001	0,96	5,45
	150	$\hat{y} = 61,4983 - 1,4271x - 5,8828x^2$	<.0001	0,98	3,50
FDA	0	$\hat{y} = 44,2332 - 13,3773x - 3,2122x^2$	<.0001	0,90	5,75
	50	$\hat{y} = 37,2343 + 0,2242x - 1,7760x^2$	0,0001	0,87	5,04
	100	$\hat{y} = 39,2942 + 3,7156x - 4,0299x^2$	<.0001	0,94	4,97
	150	$\hat{y} = 33,0637$ (ns)			
LIG	0	$\hat{y} = 9,1583 - 3,6375x + 0,9323x^2$	0,0001	0,87	9,09
	50	$\hat{y} = 6,4582$ (ns)			
	100	$\hat{y} = 7,7628 + 0,2431x - 0,6758x^2$	<.0001	0,87	8,67
	150	$\hat{y} = 7,7200 + 2,2104x - 1,5182x^2$	0,0017	0,76	15,08
MM	0	$\hat{y} = 8,8348$ (ns)			
	50	$\hat{y} = 5,1943 + 4,3221x - 0,9088x^2$	<.0001	0,94	6,74
	100	$\hat{y} = 5,0892 + 5,1906x - 1,2903x^2$	<.0001	0,97	4,79
	150	$\hat{y} = 4,8432 + 4,1727x$	<.0001	0,94	7,77
MS	-	$\hat{y} = 21,3031 - 1,3195x + 0,7184x^2$	<.0001	0,35	3,83
DIVMS	-	$\hat{y} = 45,0756 + 13,1872x$	<.0001	0,89	7,90

ns - não houve efeito de regressão ao nível de 5% de probabilidade

Conclusões

O nível de 1,6% de NaOH em associação ao nível de 50.000ufc/gMN de *Lactobacillus buchneri* proporcionou teores satisfatórios dos ácidos lático e acético, teor moderado de ácido propiônico, teor de ácido butírico dentro da faixa ideal, teor de etanol 6% inferior ao verificado na silagem exclusiva de cana e pH próximo a faixa ideal de variação (3,8-4,2), além de manter as perdas por gases e por efluentes dentro de limites satisfatórios.

Ocorre hidrólise alcalina da fibra pela ação do NaOH, sendo os teores de FDN, FDA e lignina reduzidos, com a consequente elevação da DIVMS.

O teor de MS e MM são influenciados pelo nível crescente de NaOH, não sendo alterados pelo aumento do nível do *Lactobacillus buchneri*.

Referências Bibliográficas

- CARVALHO, G. G. P. et al. Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurcheado ou com adição de farelo de cacau. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.60, n.1, p.234-242, 2008.
- 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.
- KUNG Junior. L. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. **Standard operating procedure** – 001 6.03.96. Ed. University of Delaware – Ruminant Nutrition Lab. – WorriLOW 309. 1996.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Marlow: Chalcomb Publ., 1991. 340p.
- PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SAS. 1985. SAS/STAT. User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ. 235p. 2002.
- SILVA, F. A. M.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARAES, P. T. G. et al. Determinação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular na rizosfera de cafeeiro por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). **Ciência Agrotécnica**, Lavras. Edição Especial, p.1391-1395, dez., 2002.
- SOUZA, L. M. **Qualidade e Identidade das Cachaças Produzidas na Região Norte Fluminense – RJ**. 2008. 125p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

SULLIVAN, J. T. Studies of the Hemicelluloses of Forage Plants. **Journal of Animal Science**, v 25, p. 83-86. 1966.

TILLEY J. M. A., TERRY R. A. A two-stage technique for the “in vitro” digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society Hurley**, v. 18, n. 2, p. 104-11, 1963.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Corvallis: O & Books, 1983. 344p.

Apêndice

Apêndice A - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas na silagem de cana-de-açúcar aditivada com *Lactobacillus buchneri*, óxido de cálcio e sua associação referentes aos produtos da fermentação e as perdas do processo

F. V.	G.L.	Quadrado Médio							
		Lat	Acet	Prop	But	Etanol	pH	PG	PE
CaO	3	21,4800**	1,6357**	0,2025**	0,0041**	55,7677**	2,6600**	289,8735**	2295,278**
<i>buch</i>	3	4,6652**	3,6441**	0,1582**	0,0085**	12,3302**	0,0197ns	5,3948**	52,2947**
CaO* <i>buch</i>	9	1,9444**	7,1925**	0,0461**	0,0060**	10,5292**	0,0578ns	6,2438**	50,7890**
Resíduo	32	0,0198	0,2773	0,0003	0,00002	0,0379	0,0303	0,3542	0,2956
C.V.		4,4118	33,745	4,2407	7,4307	10,341	5,1613	4,8899	2,3368

Fonte de Variação (F.V.), Grau de Liberdade (G.L.), óxido de cálcio (CaO), *Lactobacillus buchneri* (*buch*), Coeficiente de Variação (C.V.), Ác. láctico (Lat), Ác. acético (Acet), Ác. propiônico (Prop), Ác. butírico (But), Perda gasosa (PG), Perda por efluente (PE), não significativo (ns), ** significativo a 5 e 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade

Apêndice B - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas na silagem de cana-de-açúcar aditivada com *Lactobacillus buchneri*, óxido de cálcio e sua associação referentes aos teores de FDN, FDA, lignina, MS e DIVMS

F. V.	G.L.	Quadrado Médio					
		FDN	FDA	Lignina	MM	MS	DIVMS
CaO	3	1037,746**	177,2775**	9,8813**	98,9417**	14,1679**	305,2496**
<i>buch</i>	3	10,8513ns	12,8808*	0,3377ns	0,7949ns	1,5122ns	11,8190ns
CaO* <i>buch</i>	9	27,2816**	10,4046**	1,8735**	1,1856ns	0,7479ns	29,9785ns
Resíduo	32	7,7009	3,2377	0,5253	0,5609	0,5539	21,1715
C.V.		5,2596	5,1892	10,883	8,7114	3,2485	9,1202

Fonte de Variação (F.V.), Grau de Liberdade (G.L.), óxido de cálcio (CaO), *Lactobacillus buchneri* (*buch*), Coeficiente de Variação (C.V.), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) não significativo (ns), ** significativo a 5 e 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade

Apêndice C - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas na silagem de cana-de-açúcar aditivada com *Lactobacillus buchneri*, hidróxido de sódio e sua associação referentes aos produtos da fermentação e as perdas do processo

F. V.	G.L.	Quadrado Médio							
		Lat	Acet	Prop	But	Etanol	pH	PG	PE
NaOH	3	27,5093**	1,7557**	0,0922**	0,0005**	21,8427**	7,9498**	339,0195**	2042,400**
<i>buch</i>	3	0,9911**	5,1318**	0,0221**	0,0012**	29,3294**	0,1520ns	7,9814**	6,7333**
NaOH* <i>buch</i>	9	2,6353**	2,3437**	0,0148**	0,0003**	7,1194**	0,2661*	5,9924**	7,1803**
Resíduo	32	0,0187	0,0189	0,0003	0,00002	0,1853	0,1017	0,3999	0,2538
C.V.		3,8138	10,155	4,7325		12,417	8,4411	4,4464	2,4702

Fonte de Variação (F.V.), Grau de Liberdade (G.L.), hidróxido de sódio (NaOH), *Lactobacillus buchneri* (*buch*), Coeficiente de Variação (C.V.), Ác. láctico (Lat), Ác. acético (Acet), Ác. propiônico (Prop), Ác. butírico (But), Perda gasosa (PG), Perda por efluente (PE), não significativo (ns), ** significativo a 5 e 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade

Apêndice D - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas na silagem de cana-de-açúcar aditivada com *Lactobacillus buchneri*, hidróxido de sódio e sua associação referentes aos teores de FDN, FDA, lignina, MS e DIVMS

F. V.	G.L.	Quadrado Médio					
		FDN	FDA	Lignina	MM	MS	DIVMS
NaOH	3	1995,515**	347,4672**	21,6691**	73,5794**	5,9607**	3017,625**
<i>buch</i>	3	21,2549ns	13,5950*	0,7571ns	0,6252ns	2,1554**	107,5620**
NaOH* <i>buch</i>	9	27,5795**	19,5140**	2,4880**	1,1871*	0,9258ns	25,6434ns
Resíduo	32	8,6809	3,8000	0,3798	0,4679	0,4349	16,4040
C.V.		5,6879	5,7044	9,1805	8,0511	3,0918	6,4406

Fonte de Variação (F.V.), Grau de Liberdade (G.L.), hidróxido de sódio (NaOH), *Lactobacillus buchneri* (*buch*), Coeficiente de Variação (C.V.), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) não significativo (ns), ** significativo a 5 e 1% de probabilidade e * significativo a 5% de probabilidade