

ACYR WANDERLEY DE PAULA FREITAS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DE GENÓTIPOS DE
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.) E DE SUA SILAGEM COM
DIFERENTES ADITIVOS

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, para
obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

ACYR WANDERLEY DE PAULA FREITAS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DE GENÓTIPOS DE
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.) E DE SUA SILAGEM COM
DIFERENTES ADITIVOS

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, para
obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 28 de março de 2005.

Prof^a. Maria Ignez Leão
(Conselheira)

Prof. Edenio Detmann
(Conselheiro)

Prof. Márcio Henrique Pereira Barbosa

Prof. Carlos Augusto de Alencar Fontes

Prof. José Carlos Pereira
(Orientador)

Aos meus pais Pedro e Angela,
À Fernanda,
Dedico.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do Curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor José Carlos Pereira, pelos ensinamentos, pela confiança, pela orientação e amizade.

Aos professores Edenio Detmann, Maria Ignez Leão, Márcio Henrique Pereira Barbosa e Carlos Augusto de Alencar Fontes, pela atenção e sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Ao professor Rasmão Garcia, pela amizade e apoio para condução dos experimentos.

Ao professor Ilário (Departamento de Microbiologia) e seus orientados, Bruno e Janaina, pela amizade e grande ajuda nas análises microbiológicas.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Monteiro, Vera, Fernando e Valdir e ao funcionário do Laboratório de Forragicultura, Raimundo, pela amizade e colaboração nas análises laboratoriais.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Adilson, Celeste, Márcia, Rosana, Venâncio, pela amizade.

À empresa MATSUDA, pelo fornecimento dos inoculantes bacterianos.

A todos os estagiários que ajudaram na condução dos experimentos, pela amizade e empenho nas atividades.

Ao Marinaldo, Marcone e Fernando Leonel, pela grande amizade e apoio na condução dos experimentos.

Aos amigos Adriano e Priscila, pela eterna amizade.

Aos amigos do curso, André (Sorriso), Alexandre (Tabaco), Roberta, Carlinha, Rodolpho, Renata, Fred, Fernando, André, Dorismar, Anderson e Anselmo, pela valiosa amizade.

E a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Acyr Wanderley de Paula Freitas, filho de Pedro Wanderley de Freitas e Angela das Graças de Paula Freitas, nasceu no Rio de Janeiro, em 27 de fevereiro de 1974.

Em 1994, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV), no curso de Graduação em Zootecnia, colando grau em 26 de março de 1999.

Em abril de 1999, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia na UFV, desenvolvendo estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em 26 de março de 2001.

Em abril de 2001, iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia na UFV, na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2005.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Cana-de-açúcar.....	4
2.2. Silagem de cana-de-açúcar.....	7
2.3. Aditivos para silagem.....	10
2.3.1. Aditivos microbianos.....	10
2.3.2. Aditivos químicos.....	13
2.3.3. Aditivos seqüestrantes de umidade.....	14
2.4. Microflora epífita.....	15
Literatura Citada.....	18
Avaliação da Divergência Nutricional de Genótipos de Cana-de-Açúcar (<i>Saccharum</i> spp.).....	22
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
INTRODUÇÃO.....	24
MATERIAL E MÉTODOS.....	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
CONCLUSÕES.....	38

LITERATURA CITADA.....	39
Características da Silagem de Cana-de-Açúcar Com Inoculante Bacteriano, Hidróxido de Sódio e Acrescida de Resíduo da Colheita da Soja.....	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	44
INTRODUÇÃO.....	45
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÕES.....	70
LITERATURA CITADA.....	70
Avaliação da Qualidade Nutricional da Silagem de Cana-de-Açúcar Com Aditivos Microbianos e Enriquecida Com Resíduo da Colheita da Soja.....	74
RESUMO.....	74
ABSTRACT.....	75
INTRODUÇÃO.....	76
MATERIAL E MÉTODOS.....	78
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
CONCLUSÕES.....	94
LITERATURA CITADA.....	94
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	99

RESUMO

FREITAS, Acyr Wanderley de Paula, D.S. Universidade Federal de Viçosa, março de 2005. **Avaliação da qualidade nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e de sua silagem com diferentes aditivos.** Orientador: José Carlos Pereira. Conselheiros: Maria Ignez Leão, Edenio Detmann e Rogério de Paula Lana.

Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa com o objetivo de avaliar a qualidade nutricional de genótipos de cana-de-açúcar, bem como a influência de diferentes tipos de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar sobre a qualidade nutricional e os parâmetros fermentativos das silagens. Os genótipos de cana-de-açúcar avaliados foram: RB72454, RB835486, SP80-1842, IAC86-2480, RB977512, RB867515, RB935566, RB925345, RB977625, SP79-1011, SP80-1816, SP81-3250 e SP91-1049, colhidos em soca aos 11 meses. As variáveis discriminatórias utilizadas foram: Fibra em Detergente Neutro (FDN); Hemicelulose; Lignina; relação FDN Carboidratos Solúveis; fração indegradável da FDN; taxa de degradação da FDN; e taxa de degradação dos Carboidratos Totais. A FDN e a taxa de degradação dos CT foram as variáveis de maior importância para a discriminação dos grupos, contribuindo, cada uma destas, com 25,64% do poder de discriminação total. A fração indegradável da FDN foi a variável que apresentou a menor contribuição (11,54%) para discriminação dos grupos. As variáveis FDN, fração indegradável da FDN, hemicelulose, taxa de degradação dos CT e a taxa de degradação da FDN mostraram-se eficazes no estudo da diversidade nutricional da cana-de-açúcar. O grupo III constituído pelo clone RB977512 apresentou

as melhores médias para as variáveis avaliadas, e desta forma, esse genótipo pode ser considerado de melhor qualidade nutricional para a alimentação de animais ruminantes. O segundo experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 2x8 (duas idades e oito tratamentos da massa ensilada), sendo analisado por intermédio da análise de fatores, onde se avaliou a adição de inoculante microbiano (*Lactobacillus plantarum*), nas doses de 1×10^6 , $1,2 \times 10^6$ e $1,4 \times 10^6$ unidades formadoras de colônia por grama de matéria natural, resíduo da colheita da soja (10% da MN), hidróxido de sódio (3% da MS), resíduo combinado com NaOH e resíduo combinado com *L. plantarum* 1×10^6 ufc/g MV, sobre a qualidade nutritiva, perdas de MS e parâmetros de fermentação da silagem de cana, sendo utilizada a variedade RB855536, colhida em soca aos 11 e 13 meses. Para as variáveis de composição e cinética, foram sugeridos três fatores: “qualidade nutritiva” (QN), incluindo matéria seca (MS), proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina; “maturidade fisiológica” (MF), carboidratos solúveis (CS), lignina e fração indegradável da FDN; e “velocidade de degradação dos carboidratos fibrosos” (VDF), contemplando o kd_{FDN} . Às variáveis de características de fermentação atribuíram-se os fatores: “perdas e fermentação secundária” (PFS), incluindo perda de MS, concentração de ácido acético, ácido propiônico e etanol; “potencial hidrogeniônico” (PH), pH; e “degradação protéica” (DP), concentração de nitrogênio amoniacal. O resíduo da colheita da soja na ensilagem da cana-de-açúcar mostra-se capaz de melhorar a qualidade nutritiva e reduzir as perdas de matéria seca e a produção de etanol das silagens. O tratamento das silagens com hidróxido de sódio diminuiu a produção de etanol, mas não melhorou a qualidade nutritiva e não foi capaz de reduzir as perdas de matéria seca das silagens. A utilização de inoculante microbiano contendo *L. plantarum* não foi capaz de melhorar a qualidade nutritiva da silagem ou de reduzir as perdas de matéria seca e a produção de etanol. No terceiro experimento, objetivou-se avaliar a influência do inoculante a base de *L. plantarum* 1×10^6 ufc/g MN, *L. buchneri* 5×10^4 ufc/g MN, resíduo (10% da MV), e o resíduo em combinação com os dois inoculantes, sobre a qualidade nutritiva, perdas de MS e parâmetros de fermentação, sendo utilizada a variedade RB855536, colhida em soca aos 16 meses. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso com três repetições. Em ambos os experimentos o material foi ensilado em silos experimentais de PVC com 0,75 m de altura e 0,25 m de diâmetro, providos de um cano de PVC de ½” de diâmetro na base, fechado com tampa

rosqueável, para escoamento e coleta do efluente. Embora a adição do resíduo de soja tenha levado a um aumento do pH final da silagem, os tratamentos com resíduo reduziram em 33% as perdas de matéria seca das silagens e em 60% o teor de N-amoniaco em relação ao nitrogênio total. A adição dos inoculantes diminuiu o pH da silagem quando adicionado em associação com o resíduo de soja, não exercendo efeito significativo sobre os outros parâmetros. Em todos os tratamentos, as silagens apresentaram maiores concentrações dos componentes da fibra e redução nos teores de MS em relação ao material original, antes da ensilagem. Os tratamentos com resíduo apresentaram valores de DIVMS superiores aos outros tratamentos. Quando comparado com o material utilizado para ensilagem, a queda na digestibilidade foi superior para os tratamentos sem o resíduo (24,3% vs. 9,3%). A associação do resíduo da colheita da soja a cana-de-açúcar para ensilagem apresentou melhor qualidade nutritiva com menores perdas de MS e CS, principalmente na forma de gases, e consequentemente, menor acúmulo dos componentes da parede celular e perda na DIVMS da forragem. Não é possível recomendar a utilização dos inoculantes *L. plantarum* e *L. buchneri*, na ensilagem da cana-de-açúcar, uma vez que nenhuma melhoria foi observada sobre a composição química ou perfil de fermentação das silagens.

ABSTRACT

FREITAS, Acyr Wanderley de Paula, D.S. Universidade Federal de Viçosa, march of 2005. **Nutritional quality evaluation of sugarcane genotypes and sugarcane (*Saccharum spp.*) ensiled with different additives.** Adviser: José Carlos Pereira. Committee Members: Maria Ignez Leão, Edenio Detmann e Rogério de Paula Lana.

The experiments were conducted in the Universidade Federal de Viçosa, Animal Science Department with the objectives of evaluating sugarcane genotypes nutritional quality and the influence of different types of additives at the ensiling process of sugarcane on silage nutritional quality and fermentative parameters. A first experiment was conducted in order to evaluate the sugarcane nutritional quality and to select of clones for the feeding of ruminant animals, using the Tocher method. The sugarcane genotypes evaluated were: RB72454, RB835486, SP80-1842, IAC86-2480, RB977512, RB867515, RB935566, RB925342, RB977625, SP79-1011, SP80-1816, SP81-3250 and SP91-1049, harvested at 11 months of age. The discriminatory variables used were: Neutral detergent fiber (NDF); hemicellulose; lignin; NDF to soluble carbohydrate relation; NDF indegradable fraction; NDF degradation rate; and dry matter degradation rate. The most important variables for group discrimination were NDF and DM degradation rate, contributing, each one with 25.64% of the total discrimination power. NDF indegradable fraction presented the least contribution (11.54%) for group discrimination. The variables NDF, NDF indegradable fraction, hemicellulose, DM degradation rate, and NDF degradation rate showed to be effective in the study of sugarcane nutritional divergence. Group III constituted by the clone RB977512

presented the best average values for the evaluated variables, so it can be considered of higher nutritional quality for ruminant feeding. The objective of the second experiment was to evaluate the influence of the microbial inoculant *L. plantarum* in the doses of 1×10^6 , $1,2 \times 10^6$ e $1,4 \times 10^6$ cfu g⁻¹, soy crop residue (10%), NaOH (3% of DM), residue combined with NaOH, and residue combined with *L. plantarum* 1×10^6 , on the nutritive quality, DM losses, and fermentation parameters. The variety RB855536 harvested at 11 and 13 months was used. The experiment was conducted in factorial outline 2 x 8 (two ages and eight treatments). The results were evaluated by the factor analysis. For the composition and degradation kinetic variables three factors were considered: “nutritional quality” (NQ), including the variables dry matter (DM), crude protein (CP), *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin; “physiologic maturity” (PM), soluble carbohydrate (SC), lignin and NDF undegradable fraction; and “fiber carbohydrate degradation velocity” (FDV), including kd_{NDF}. For fermentation characteristics variables, the following factors were considered: “secondary fermentation and losses” (SFL), including DM loss, acetic acid, propionic acid and ethanol concentrations; “hydrogen potential” (PH); and “protein degradation” (PD), amoniacal-N concentration. Soy crop residue in sugar cane silage showed to be capable of improving silage nutritional quality and diminishes DM losses and ethanol production. Silages treated with sodium hydroxide reduced ethanol production, but did not improve nutritional quality and were not capable of diminishing dry matter losses. The utilization of inoculants containing *L. plantarum* was not capable of improving silages nutritional quality or reducing dry matter losses and ethanol production. The objective of the third experiment was to evaluate the influence of *L. plantarum* 1×10^6 ufc g⁻¹, *L. buchneri* 5×10^4 ufc g⁻¹, residue (10%), and residue in combination with the two inoculantes on the nutritional quality, DM loss, and fermentation parameters. The variety RB855536 harvested at 15 months of age was used. The experiment was conducted in a completely randomized arrangement with tree repetitions. Although, the addition of the soy crop residue resulted in an increase in final silage pH, the treatments with the residue reduced in 33% silages DM losses and in 60% the level of amoniacal-N in relation to total nitrogen. The use of the inoculantes reduced silage pH when added in association with the soy crop residue, not having a significant effect on the other parameters. Silages presented higher concentrations of fiber components and reduction on DM levels in relation to the original material, before ensiling, in all treatments. The treatments with the residue presented higher (P<0.05)

IVDMD than the other treatments. When compared with the material used for ensiling, the decrease in digestibility was higher for the treatments without the residue (24,3% vs. 9,3%). The combination of the soy crop residue with sugarcane for ensiling presented better nutritional quality and lower DM and SC losses, mainly in the form of gases, and consequently, less accumulation of the cell wall components and loss in forage IVDMD. It is not possible to recommend the utilization of the inoculantes *L. plantarum* and *L. buchneri*, in sugarcane ensiling, because no improvement was observed on silages chemical composition or fermentation profile.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte da produção de bovinos no Brasil é baseada em sistemas de criação extensiva a partir do pastejo, sendo a forragem conseqüentemente, a fonte principal de nutrientes. Considerando os níveis de manejo empregados, verifica-se que animais submetidos a este sistema de criação apresentam, de modo geral, baixo rendimento.

A distribuição de chuvas nas regiões tropicais, aliada a baixa temperatura e a fotoperíodos mais curtos na época seca, resultam na estacionalidade da produção de forragens e a baixa eficiência da produção animal decorre principalmente da baixa qualidade nutritiva da maioria das pastagens nessa época.

Dentre as alternativas para minimizar a nutrição animal inadequada, a cana-de-açúcar destaca-se entre as gramíneas tropicais utilizadas como forragem. A facilidade de seu cultivo, a execução da colheita justamente nas épocas de estiagem e o seu alto potencial de produção de matéria seca e energia por unidade de área, em um único corte, tornaram-na um alimento de grande interesse dos produtores de leite.

No momento, existem inúmeras variedades de cana-de-açúcar sendo cultivadas no Brasil. A escolha da variedade deve ser bastante criteriosa, uma vez que a utilização de uma variedade inadequada a determinado sistema de produção pode ocasionar problemas graves de condução da cultura da cana-de-açúcar.

Outro aspecto, diz respeito ao perfil qualitativo da cana como volumoso relacionado principalmente à digestibilidade da fibra e ao seu conteúdo de açúcares, o que na prática tem sido negligenciado e tratado como se todas as variedades de cana, em qualquer tempo do desenvolvimento, fossem similares.

Diante destes fatos fica evidente a necessidade de estudos relativos ao valor nutricional das variedades de cana-de-açúcar disponíveis no mercado. Como tais estudos são dispendiosos e demandam muito tempo, cresce de importância o conhecimento prévio da diversidade de canas-de-açúcar disponíveis, permitindo assim avaliar um número menor, porém representativo, de variedades.

A cana-de-açúcar oferecida *in natura*, mediante cortes diários, apresenta alguns inconvenientes, como a contratação de mão-de-obra diária para cortes, despalhamento, desintegração e transporte. Além disso, canaviais que tenham sido submetidos à queima, ou que tenham passado por fortes geadas, precisam ser utilizados rapidamente para não serem perdidos.

Diante destes fatos, a ensilagem da cana-de-açúcar apresenta-se como solução para tais problemas, permitindo o corte de grandes áreas num curto espaço de tempo, e durante o período em que a forrageira apresenta seu melhor valor nutritivo, coincidindo com o período mais propício aos trabalhos no campo, ou seja, durante a seca. Porém, o alto teor de carboidratos solúveis e a grande população de leveduras epífitas levam à fermentação alcoólica, causando perdas excessivas de matéria seca e de valor nutritivo da forragem.

Diversos tipos de aditivos (químico, microbiano, etc.) têm sido testados com o intuito de melhorar o padrão de fermentação e a qualidade das silagens, através do desenvolvimento de microrganismos benéficos, como as bactérias produtoras de ácido láctico, e da inibição dos indesejáveis, como as leveduras e os clostridia.

Na situação atual, pode ser considerado que as informações científicas existentes ainda são insuficientes para apontar com segurança o melhor tratamento para a ensilagem da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a qualidade e o padrão de fermentação da silagem.

Nesse contexto, foram conduzidos experimentos objetivando-se:

- avaliar a qualidade nutricional de genótipos de cana-de-açúcar;
- avaliar a qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar, colhida aos 11 e 13 meses com aditivo microbiano, hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita da soja;
- avaliar a qualidade da silagem de cana-de-açúcar, colhida aos 15 meses com diferentes aditivos microbianos e acrescida de resíduo da colheita da soja.

Os trabalhos a seguir foram elaborados segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos

Com uma área cultivada de aproximadamente 5,5 milhões de hectares o Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, estima-se que dez por cento desta área seja destinada à alimentação animal, o equivalente a cerca de 30 milhões de toneladas de massa verde, conforme Landell et al. (2002). Ainda segundo este autor, a canavicultura do Brasil é uma das mais eficientes no mundo, devido aos avanços fitotécnicos conseguidos nas últimas quatro décadas. No entanto, de modo geral, pela não aplicação das tecnologias disponíveis as lavouras de cana-de-açúcar com uso destinado à alimentação animal, são de baixa produtividade, onerando desta forma, o custo da atividade pecuária.

Atualmente, o plantio da cana-de-açúcar se baseia 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*.

Segundo Gooding (1982), variedades com menor teor de fibra em detergente neutro (FDN) e de lignina permitirão maior consumo de açúcar do que variedades que

possuam conteúdo de açúcar igual, ou mesmo um conteúdo de açúcar um pouco maior, porém com maior teor de fibra. Então, segundo este autor, na utilização de cana-de-açúcar para bovinos, é importante observar que as variedades com menor relação fibra:açúcar são mais adequadas para alimentação destes animais, e as diferenças nutricionais entre as variedades podem ser elevadas.

Azevêdo et al. (2003), em uma avaliação de 15 variedades, observaram que a proporção de FDN variou de 43,8 a 53,8 % da matéria seca (MS), enquanto que o teor de fibra em detergente ácido (FDA) variou de 24,3 a 29,6%. Em outro trabalho, avaliando 18 variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos, Rodrigues et al. (2001) encontraram valores de FDN variando de 44,18 a 56,41 % da MS. Os teores de sacarose e a digestibilidade “in vitro” da matéria seca variaram, respectivamente, de 13,72 a 15,77 % e 58,06 a 68,96%.

A cana-de-açúcar é um alimento caracterizado por apresentar dois componentes em maiores proporções: açúcares e material fibroso (Rodrigues et al., 1999). De acordo com Preston & Leng (1980), esta forrageira tem a peculiaridade de apresentar a utilização dos dois componentes de maiores proporções de modos bem diferenciados pelos microrganismos ruminais, ou seja, enquanto os açúcares são rapidamente fermentados no rúmen e de fácil aproveitamento pelo animal, o material fibroso (carboidratos estruturais) é utilizado lentamente.

Rodrigues et al. (1992) verificaram baixa digestibilidade dos componentes fibrosos da cana-de-açúcar, embora o pH no líquido ruminal fosse adequado para a digestão da fibra.

Em face de novos conhecimentos na área de nutrição de ruminantes, verifica-se que os açúcares presentes na cana-de-açúcar são os principais responsáveis pelo fornecimento de energia e, conseqüentemente, pelo desempenho animal (Rodrigues et

al., 2002). A seleção da cana para alimentação considera, além do teor de açúcares e da produtividade de massa verde, o teor de fibra. Outras características adicionais são desejadas, tais como: porte ereto de touceiras; uniformidade biométrica dos colmos; período de utilização mais longo; resistência às doenças e pragas de importância econômica.

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. Quanto maior o teor de fibra da cana-de-açúcar e menor a digestibilidade desta fração, menor será o consumo deste volumoso, ou seja, a taxa de digestão da fibra da cana-de-açúcar no rúmen é muito baixa e o acúmulo de fibra não degradada no rúmen limita o consumo.

Quando utilizada como alimento exclusivo para ruminantes, a cana-de-açúcar possui limitações importantes do ponto de vista nutricional, devido ao desequilíbrio de nutrientes, apresentando teores muito baixos de proteína bruta e da maioria dos minerais, principalmente do 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).

Outro parâmetro bastante relevante na avaliação da qualidade nutricional de uma forrageira é a taxa de degradação. Carmo et al. (2001), avaliando a taxa de degradação da MS da cana-de-açúcar verificaram valor de $0,0330 \text{ h}^{-1}$, próximo ao encontrado por Aroeira et al. (1993), de $0,0320 \text{ h}^{-1}$, e distanciado do encontrado por Valadares Filho et al. (1990), de $0,0020 \text{ h}^{-1}$ e de $0,0600 \text{ h}^{-1}$ observado por Pereira et al. (1996). Tais resultados mostram a grande variação entre os valores encontrados para este parâmetro.

De acordo com Poppi et al. (1985), a ingesta sofre uma maior resistência para sair do rúmen até ser reduzida a pequenas partículas ($\leq 1,18$ mm). Se este processo é rápido, o alimento degradado pode ser substituído por mais alimento consumido, e se a degradação é lenta, o enchimento ruminal irá limitar o consumo. Sendo assim, a seleção de variedades de cana-de-açúcar com taxas de degradação mais elevadas pode favorecer o consumo de alimentos.

Rodrigues et al. (2002), avaliando o valor nutritivo de variedades de cana-de-açúcar para novilhas, com média de peso inicial de 219,1 kg e 12,3 meses de idade, verificaram média diárias de ganhos de peso vivo entre 0,65 a 0,89 kg/animal e conversão alimentar de 7,64 a 10,18 kg de MS por kg de ganho, sendo que as variedades que proporcionaram maiores ganhos de peso e melhor conversão alimentar foram as que apresentavam maiores valores de digestibilidade *in vitro* da MS e relação FDN/açúcares mais baixas.

2.2. Silagem de cana-de-açúcar

O uso da cana-de-açúcar fresca, mediante cortes diários, é tradicional e de amplo conhecimento dos produtores. Entretanto, este manejo demanda mão-de-obra diária para cortes, despalhamento, desintegração e transporte, e estabelece limitação logística/operacional 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 durante todo o ano, ocorre uma queda no teor de sacarose e, conseqüentemente, perda de valor nutritivo (Matsuoka e Hoffmann, 1993).

A cana “bisada”, termo empregado quando a lavoura não é colhida, por algum motivo naquele ano, e sim no ano seguinte, com mais de 20 meses de idade, pode representar um sério empecilho. É notório que a cana perde qualidade nutricional de um ano para o outro, além do problema do acamamento, pois as ventanias no verão são

mais freqüentes, e a cana tombada emite raízes adventícias, o que dificulta sua colheita posterior. De acordo com Nussio et al. (2003), flutuações periódicas nos preços do açúcar e do álcool podem exigir redução da oferta de cana para as usinas, obrigando o produtor a liberar rapidamente glebas para o estabelecimento de outras culturas e dar um destino alternativo à cana-de-açúcar existente.

Da mesma forma, canaviais submetidos a incêndio voluntário ou acidental, ou queimados pela geada, precisam ser usados rapidamente, para evitar a conversão da sacarose e o consumo indesejável de carboidratos pela planta.

A ensilagem é baseada na fermentação natural da forragem, na qual as bactérias convertem os açúcares solúveis em ácido lático. A cana pode ser ensilada, pois contém os principais requisitos: teor de matéria seca em torno de 25 a 30% (o ideal é próximo de 34%) e o poder tampão permite a queda do pH para valores próximos de 3,5.

A qualidade da forrageira, e no caso presente, da cana-de-açúcar, não vai se ampliar com a ensilagem e a sua digestibilidade pode diminuir. A vantagem da cana, porém, é a energia abundante, parte da qual, será consumida no próprio processo de ensilagem. Em alguns trabalhos demonstrou-se que silagens produzidas exclusivamente com cana-de-açúcar são de baixa qualidade, levando a redução no consumo voluntário, no ganho de peso e na conversão alimentar dos animais, em comparação à cana fresca (Andrade et al., 2001; Pedroso, 2003).

Outro inconveniente desta forrageira na obtenção de silagem, é seu alto conteúdo de açúcares solúveis que resulta em rápida proliferação de leveduras com produção de etanol e gás carbônico. De acordo com 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 no cocho, acarretando em perdas de até 48% de matéria seca.

A cana-de-açúcar quando ensilada sem aditivos, apresenta intensa fermentação alcoólica e perda de qualidade nutritiva, como foi constatado por Pedroso (2003) que verificou redução de aproximadamente 70% no conteúdo de carboidratos solúveis para cana ensilada em relação à cana fresca, e teor alcoólico de 7,92% da MS da silagem.

Kung Jr. & Stanley (1982) constataram produção crescente de 7,5; 9,5 e 15,5 % de etanol na MS de silagens de cana-de-açúcar ensiladas com seis, nove e 12 meses de crescimento, respectivamente, com conseqüente diminuição no valor energético da forragem, evidenciando que o processo de ensilagem pode neutralizar o efeito benéfico do amadurecimento sobre o valor nutritivo desta espécie forrageira (Boin & Tedeschi, 1993).

Alguns trabalhos de pesquisa têm sido realizados no Brasil, demonstrando que a produção excessiva de etanol leva à perda de valor nutritivo das silagens de cana-de-açúcar. Bernardes et al. (2002), constataram teor de 6,87% de etanol na MS da silagem, para cana-de-açúcar ensilada aos 12 meses de crescimento. Coan et al. (2002), avaliando a composição química da cana-de-açúcar ensilada aos 12 meses de idade em microsilos de PVC, durante 55 dias, relataram diminuição no teor de MS (27,3 vs 20,9%), aumento nos constituintes da parede celular, com maiores concentrações de FDN (42,1 vs. 54,95%), de FDA (34,9 vs. 43,8%) e de lignina (6,8 vs. 7,2%), para a silagem em relação à cana fresca.

2.3. Aditivos para silagem

De acordo com McDonald et al. (1991), os aditivos para silagem podem ser classificados em cinco categorias. Os aditivos pertencentes aos dois primeiros grupos atuam no controle da fermentação e agem pelo estímulo da fermentação láctica (estimulantes) ou pela inibição, parcial ou completa, do crescimento microbiano (inibidores). O terceiro grupo (inibidores da deterioração aeróbica) são focados

principalmente no controle da deterioração da silagem na exposição ao ar. O quarto grupo (nutrientes) é adicionado ao material no momento da ensilagem para melhorar o valor nutritivo da silagem e o quinto grupo (absorventes) 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 aos quarto e quinto grupos simultaneamente.

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de avaliar aditivos e tratamentos que beneficiem o processo de fermentação das silagens. Tais avaliações envolvem adições de fontes de carboidratos (Onselen & Lopes, 1988), de materiais com altos teores de MS (Andrade et al., 2001), adição de inóculos microbianos (Henrique & Bose, 1992; Pedroso, 2003) e de substâncias nitrogenadas (Lima et al., 2002).

A utilização de aditivos em silagens de cana-de-açúcar justifica-se devido à elevada perda de valor nutritivo e a quantidade de etanol produzida durante o processo de ensilagem. De acordo com Wardynski et al. (1993), o ideal seria que os aditivos tivessem comprovada capacidade de reduzir as perdas de matéria seca, aumentar a qualidade, limitar fermentações secundárias e aumentar a estabilidade aeróbica da silagem.

2.3.1. Aditivos microbianos

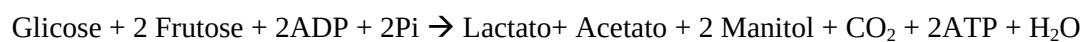
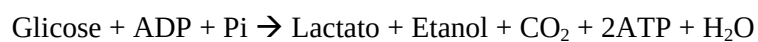
Uma ampla variedade de aditivos é utilizada para auxiliar a fermentação, visando garantir a preservação da forragem ensilada. Dentre eles, destacam-se os inoculantes microbianos constituídos, na sua maioria, por culturas de bactérias homofermentativas pertencentes aos gêneros *Lactobacillus*, *Enterococcus* e *Pediococcus* (Miller & Rotz, 1995). O principal efeito dos inoculantes microbianos ocorre no processo fermentativo, observando-se maior quantidade de ácido lático e menores quantidades de ácido acético e etanol, bem como um abaixamento mais rápido do pH (Muck, 1993).

Inoculantes bacterianos para silagem contém, normalmente, uma ou mais espécies de bactérias homofermentativas produtoras de ácido lático, que são rápidas e eficientes em produzi-lo. Estes inoculantes podem aumentar a taxa de acidificação e reduzir o pH final e a degradação protéica da silagem (Driehuis et al., 1997). O principal objetivo da utilização de inoculantes contendo bactérias homofermentativas produtoras de ácido lático é a redução do risco de desenvolvimento de clostrídias e aumentar o valor nutritivo da silagem. No entanto, resultados de diferentes trabalhos indicam que inoculantes contendo bactérias homofermentativas produtoras de ácido lático podem diminuir a estabilidade aeróbica da silagem (Kung et al., 1991; Sanderson, 1993).

Higginbotham et al. (1998), comparando inoculantes contendo bactérias homofermentativas produtoras de ácido propiônico (*Propionibacterium acidipropionici*), bactérias homofermentativas produtoras de ácido lático (*L. plantarum* e *Pediococcus cerevisiae*) e inoculantes contendo a combinação dos dois tipos de bactérias, não detectaram benefício da inoculação sobre a composição e estabilidade aeróbica das silagens de milho, concluindo que as bactérias produtoras de ácido propiônico foram incapazes de se desenvolverem nas condições de acidez encontradas no silo.

A prevenção ou redução do crescimento de leveduras é o principal objetivo de aditivos que melhoram a estabilidade aeróbica das silagens. Trabalhos recentes têm demonstrado que a adição de inoculante contendo a bactéria heterofermentativa *Lactobacillus buchneri* melhora a estabilidade aeróbica de várias forragens ensiladas, pela redução do crescimento e sobrevivência de leveduras durante a fase anaeróbica da ensilagem (Driehuis et al., 1999; Weinberg et al., 1999). A degradação anaeróbica do ácido lático a ácido acético e 1,2-propanodiol é um importante princípio deste efeito (Oude Elferink et al., 2001).

O etanol pode ser produzido durante a fermentação heterolática, dependendo do substrato utilizado e da espécie de bactéria envolvida no processo. Neste tipo de fermentação, a glicose e a frutose são degradadas pela via 6-fosfogluconato até gliceraldeído-3-fosfato e acetilfosfato. O gliceraldeído é oxidado a piruvato, que é reduzido a lactato na via homofermentativa. O acetilfosfato age como receptor de hidrogênio e é reduzido a etanol ou acetato. A proporção de etanol e acetato depende do potencial oxi-redutor do sistema; se receptores adicionais de hidrogênio, como o oxigênio e a frutose, estiverem disponíveis, não há a formação de etanol, o oxigênio é reduzido a peróxido de hidrogênio e a frutose a manitol (McDonald et al., 1991). As reações descritas podem ser resumidas como a seguir:



As bactérias *L. buchneri*, no entanto, não produzem etanol na fermentação anaeróbica da glicose, porque não possuem a enzima acetaldeído desidrogenase. A glicose será fermentada a acetato se houver um receptor de hidrogênio, como a frutose, que será então reduzida a manitol (McDonald et al., 1991).

Ranjit & Kung Jr. (2000), em experimento onde avaliaram inoculantes contendo a bactéria heterofermentativa *L. buchneri*, observaram aumentos na produção dos ácidos propiônico e acético, redução no teor de etanol e na população de leveduras das silagens de milho inoculadas.

2.3.2. Aditivos químicos

Os primeiros trabalhos com aditivos químicos para controle de leveduras em silagens de cana-de-açúcar, foram baseados nos resultados de experimentos que avaliaram o uso de solução de amônia para o controle de leveduras e mofos em silagens de milho (Britt et al., 1975).

Preston et al. (1976) e Alvarez & Preston (1976), testando combinações de amônia aquosa e uréia com melaço, verificaram queda na produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar, detectando ainda que ambas as soluções apresentaram efeito positivo sobre a preservação das silagens, com efeito mais pronunciado da amônia, traduzido pelo menor consumo de açúcares solúveis durante o processo.

O tratamento da cana com hidróxido de sódio, momentos antes da ensilagem, também tem sido utilizado com o intuito de melhorar aspectos nutricionais importantes desse volumoso. Alcântara et al. (1989) avaliaram a cana-de-açúcar “in natura” e ensilada com ou sem hidróxido de sódio. Verificaram que o consumo de matéria seca da cana-de-açúcar “in natura”, de 53,5 g/kg^{0,75}, e o de matéria seca da cana ensilada com adição de NaOH (solução de 40%, na base de 3% do peso seco) de 64,5 g/kg^{0,75} foram superiores ao da cana ensilada sem NaOH, que foi de 42,5 g/kg^{0,75}. Estes autores também observaram redução de 80 % na concentração de etanol na silagem tratada com NaOH, se comparada com a silagem não tratada. Também foi observado, após 30 dias de ensilagem, para silagem de cana-de-açúcar sem NaOH, pH de 3,7, 1,52% de ácido láctico, 0,46% de ácido acético e 1,45% de etanol (na matéria seca da silagem), enquanto na silagem de cana-de-açúcar tratada com NaOH no momento da ensilagem valor de 4,3 para o pH e os teores de 2,19% de ácido láctico, 0,66% de ácido acético e 0,22% de etanol.

Castrillón et al. (1978) ao estudarem o valor nutritivo e o padrão de fermentação ruminal em ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar tratada com 4% de NaOH na MS, observaram melhoria na composição química, redução acentuada na produção de etanol (5,2 vs. 0,9% da MS) e aumento no teor de ácido láctico, em relação a silagem sem aditivos. Usando doses de 1, 2 e 3% de NaOH na massa verde, Pedroso et al. (2002) verificaram redução no teor de etanol, de 3,06% na silagem controle para

2% da MS, na média das silagens tratadas com esse produto. Esses autores verificaram também, valores reduzidos de produção de efluentes e gases, nas silagens de cana-de-açúcar tratadas com NaOH. Entretanto, o pH observado nessas silagens foi o mais alto entre os tratamentos estudados, ficando em torno de 5,0.

2.3.3. Aditivos seqüestrantes de umidade

Os aditivos que funcionam como seqüestrantes de umidade podem ser classificados dentro de três grupos de aditivos: fontes de carboidratos (estimulantes), nutrientes e absorventes (McDonald et al., 1991). Dependendo da composição química do material utilizado, este pode ser classificado dentro de mais de um grupo.

O rolão-de-milho, a polpa cítrica e outros resíduos têm sido usados como aditivos na silagem, principalmente para aumentar o conteúdo de matéria seca da forragem ensilada. Tal emprego, além de proporcionar melhor padrão de fermentação, reduz a produção de efluente e também podem melhorar o valor nutritivo da silagem. Andrade et al. (2001), avaliando o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de níveis de 0 a 12% de rolão-de-milho, observaram melhora no padrão de fermentação e aumento linear no valor nutritivo da silagem. Foi observada uma redução na produção de etanol de 99% com o aumento do teor de matéria seca de 20,9 para 27,7%. Bernardes et al. (2002) verificaram redução no teor de etanol de 10,0 e 20,9%, respectivamente, para a cana ensilada crua e queimada, com a inclusão de 10% de MDPS, na massa verde.

A produção de soja no Brasil, nas duas últimas safras teve média de, aproximadamente, 50 milhões de toneladas (IBGE, 2005). Estima-se que a quantidade de resíduo gerado durante a colheita seja de 1%, ou cerca de 500 mil toneladas de resíduo. Este resíduo pode ser bastante interessante para ser empregado no processo de ensilagem da cana-de-açúcar, pois além de elevar o teor de MS da silagem, ele

apresenta elevado teor de proteína bruta devido a grande proporção de grãos de soja em sua composição (aproximadamente 50%), o que é bastante favorável tendo em vista o baixo teor deste nutriente na cana-de-açúcar.

Trabalhos avaliando a adição de uréia e farelo de soja (Lima et al., 2002) e farelo de soja e farelo de algodão (Evangelista et al., 2002), na ensilagem de cana-de-açúcar, não apresentaram, em geral, efeitos sobre o perfil da fermentação. Os aditivos protéicos contribuíram com a elevação da qualidade nutritiva das silagens. No entanto, as perdas decorrentes da produção de etanol não foram mensuradas.

2.4. Microflora epífita

De acordo com McDonald & Edwards (1978), a atividade microbiana de silagens envolve bactérias, leveduras e fungos. No entanto, há uma escassez de informações relacionadas à microflora epífita das forrageiras, sobretudo quanto ao grupo caracterizado como bactérias lácticas (Pahlow, 1989), que são fundamentais para que um eficiente processo de conservação aconteça. Das espécies microbianas que podem ser isoladas, destacam-se aquelas denominadas bactérias produtoras de ácido láctico (BAL) homofermentativas, por possuírem maior eficiência na produção do ácido láctico (Seale, 1986).

O grupo caracterizado por BAL, presente na silagem, envolve basicamente duas famílias (Streptococcaceae e Lactobacillaceae), com um grande número de espécies, que foram descritas detalhadamente por Holt et al. (1994). Este grupo pode ser dividido em homo (produção somente de ácido láctico) e heterofermentativa (produção de ácido láctico, ácido acético e etanol), conforme a rota metabólica do microrganismo, utilizada para a fermentação dos açúcares. Devido à grande variação de espécies BAL e das rotas fermentativas utilizadas, é difícil prever quanto ácido láctico será produzido, mesmo que

se conheça o teor de carboidratos solúveis (a relação glicose : frutose) de dada planta forrageira (Seale, 1986).

A microflora das plantas difere daquelas observadas nos seus produtos fermentados. Em tecidos vegetais vivos, há dominância de bactérias gram negativas e de bactérias esporuladas gram positivas, além da presença de leveduras e fungos. O número de microrganismos epífitas é variável, sendo afetado pelo tipo de forragem, pelo estágio de maturidade das plantas, pelo clima, pelo corte e condicionamento das forrageiras (Lin et al., 1992). As enterobactérias, as leveduras e os fungos são os microrganismos presentes em maior número nas plantas forrageiras e competem com os lactobacilos pelos açúcares durante a ensilagem, sendo considerados indesejáveis (Bolsen et al., 1992). De acordo com Driehuis et al. (1999), a presença de leveduras é considerada prejudicial ao processo de ensilagem, porque estes microrganismos não contribuem para a acidificação e estão associados com a deterioração aeróbica das silagens.

Um dos principais problemas na ensilagem da cana-de-açúcar é a extensa atividade das leveduras, podendo estar presentes na ordem de 10^6 ufc/g de forragem. Estes microrganismos convertem os carboidratos solúveis da forragem a etanol, CO_2 e água, levando a perdas excessivas de MS, a baixos teores de ácidos lático e acético e aumento no teor de FDA das silagens (Alli et al., 1983). Segundo McDonald et al. (1991), a produção de etanol, pela via fermentativa das leveduras, pode acarretar perdas de até 49% de MS dos substratos. A via fermentativa das leveduras pode ser descrita da seguinte forma:



Ainda segundo McDonald et al. (1991), para a maioria das espécies de leveduras o pH ótimo encontra-se entre 3,5 e 6,5, sendo que algumas espécies são capazes de

sobreviver em pH igual ou inferior a 2. Por este motivo, o desenvolvimento e o controle das leveduras pode ser dificultado no processo de ensilagem. Além disso, sempre que houver penetração de ar nas silagens, as leveduras e os fungos, além de causarem a deterioração aeróbica e perdas no valor nutritivo da forragem, promovem a elevação do pH, aumentando o risco de desenvolvimento de microrganismos patogênicos, como *Listeria monocytogenes* (Rotz & Muck, 1994).

Literatura Citada

- ALCÂNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOTT, R. et al. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvest fresh and ensiled with and without NaOH: 4. Ruminant Kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.323-331, 1989.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, p.291-299, 1983.
- ALVAREZ, F.J.; PRESTON, T.R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.1, 98-104, 1976.
- ANDRADE, J.B.; JÚNIOR, E.F.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1169-1174, 2001.
- AROEIRA, L.J.M.; SILVEIRA, M.I.; LIZIERE, R.S. Degradabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços europeu x zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.552-564, 1993.
- AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.
- BERNARDES, T.F.; SILVEIRA, R.N.; COAN, R.M. et al. Características fermentativas e presença de levedura na cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD.
- BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.107-126.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.3066-3083, 1992.
- BRITT, D.G.; HUBER, J.T.; ROGERS, A.L. Fungal growth and acid production during fermentation and re-fermentation of organic acid treated corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.58, p.532-539, 1975.
- CARMO, C.A.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P. 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**, 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.

- COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F.; et al. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Anaerobic lactate degradation in maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, v.87, p.583-594, 1999.
- DRIEHUIS, F.; VAN WIKSELAAR, P.G.; VAN VUUREN, A.M. et al. The effect of a bacterial inoculant on rate of fermentation and chemical composition of high dry matter grass silages. **Journal of Agricultural Science**, v.128, p.323-329, 1997.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; ABREU, J.G.; SIQUEIRA, G.R.; SANTOS, R.V. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com farelo de soja ou farelo de algodão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2002] CD-ROM.
- GOODING, E.G.B. Effect of quality of cane on its value as livestock feed. **Tropical Animal Production**, v.7, n.1, p.72-91, 1982.
- HENRIQUE, W.; BOSE, M.L.V. Efeito de aditivos enzimo bacterianos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Shum). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.3, p.429-437, 1992.
- HIGGINBOTHAM, G.E.; MUELLER, S.C.; BOLSEN, K.K. et al. Effects of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2185-2192, 1998.
- HOLT, J.G.; KRIEG, N.R.; SNEATH, P.H.A. et al. **Bergey's manual of determinative bacteriology**, 9 ed. Baltimore: William & Wilkins, 1994. 787p.
- IBGE, "levantamento sistemático da produção agrícola", <www.ibge.gov.br> (22/01/2005).
- KUNG, L.; TUNG, R.S.; MACIOROWSKI, K. Effect of a microbial inoculant (Ecosyl™) and/or a glycopeptide antibiotic (vancomycin) on fermentation and aerobic stability of wilted alfalfa silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.35, p.37-48, 1991.
- KUNG Jr., L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, v.54, p.689-696, 1982.
- LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A. et al. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção de uso na alimentação animal**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 39p. (Série Tecnologia APTA, boletim técnico IAC; 193).
- LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G. et al. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com uréia ou farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.

- LIN, C.; BOLSEN, K.K.; HART, R.A. et al. Epiphytic microflora on alfalfa and whole-plant corn. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2484-2493, 1992.
- MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H.P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5, 1993, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: FEALQ, 1993. p.17-35.
- MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A. The chemistry of silage fermentation. In: FERMENTATION SILAGE – A REVIEW. Georgia: NFIA, p.29-43, 1978.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.
- MILLER, D.A.; ROTZ, C.A. Harvesting and storage. In: FORAGES **An introduction to grassland agriculture**. 5ed., v.1, p.163-174, 1995.
- MUCK, R.E. The role of silage additives in making high quality silage. In: NATIONAL SILAGE PRODUCERS CONFERENCE, Ithaca, 1993. **Proceedings...** Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1993. p.106-116.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, 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.
- ONSELEN, V.J.; LOPES, J. Efeito da adição de fontes de carboidratos e de um produto enzimático comercial na composição químico-bromatológica da silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.17, n.5, p.421-427, 1988.
- OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAI, J.C. et al. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.125-132, 2001.
- PAHLOW, G. Ecological studies of epiphytic lactic acid bacteria (LAB) on whole plant maize and in inoculated silage. In: FOOD FOR THOUGHT, 1989, **Proceedings...** Iowa: Pioneer-HBI, 2 ed., p.11-26, 1989.
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2003. 120p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 2003.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Bacterial inoculants and chemical additives to improve fermentation in sugar cane (*Saccharum officinarum*) silage. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13, Auchincruive, 2002. **Anais...** Auchincruive: SAC, 2002. p.66.
- PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; GARCIA, R. Degradabilidade *in vivo* e *in situ* de nutrientes e eficiência de síntese de proteína microbiana, em bovinos, alimentados com cana-de-açúcar sob diferentes formas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n.4, p.763-777, 1996.
- POPPI, D.P.; HENDRICKSON, R.E.; MINSON, D.J. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle. **Journal of Agricultural Science**, v.105, p.9-14, 1985.

- 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, 1980. p. 620-640.
- PRESTON, T.R.; HINOJOSA, C.; MARTINEZ, L. Ensiling of sugar cane with ammonia molasses and mineral acids. **Tropical Animal Production**, v.1, p.120-126, 1976.
- RANJIT, N.K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.526-535, 2000.
- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. 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.
- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD.
- 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**, v.28, n.2, p.421-424, 1999.
- RODRIGUES, A.A.; VIEIRA, P.F.; TORRES, R.A.; SILVEIRA, M.I. Efeito da uréia e sulfato de cálcio na digestibilidade de cana-de-açúcar por ruminantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.10, p.1421-1427, 1992.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.828-868.
- SANDERSON, M.A. Aerobic stability and *in vitro* fiber digestibility of microbially inoculated corn and sorghum silages. **Journal of Animal Science**, v.71, p.505-514, 1993.
- SEALE, D.R. Bacterial inoculants as silage additives. **Journal of Applied Bacteriology**, v.61 (Supplement), p.9-26, 1986.
- VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. Degradabilidade “in situ” da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p.512-522, 1990.
- WARDYNSKI, F.A.; RUST, S.R.; YOKOYAMA, M.T. Effect of microbial inoculation of high-moisture corn on fermentation characteristics, aerobic stability, and cattle performance. **Journal of Animal Science**, v.71, n.8, p.2246-2252, 1993.
- WEINBERG, Z.G.; SZAKACS, G.; ASHBELL, G. et al. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *L. plantarum*, applied at ensiling, on the ensiling fermentation and aerobic stability of wheat and sorghum silages. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v.23, p.218-222, 1999.

Avaliação da Divergência Nutricional de Genótipos de Cana-de-Açúcar (*Saccharum* spp.)

RESUMO – Objetivou-se neste trabalho avaliar a divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar para uso na alimentação de animais ruminantes. Os genótipos de cana-de-açúcar avaliados foram: RB72454, RB835486, SP80-1842, IAC86-2480, RB977512, RB867515, RB935566, RB925345, RB977625, SP79-1011, SP80-1816, SP81-3250 e SP91-1049, colhidos em soca aos 11 meses de idade. As variáveis discriminatórias escolhidas foram: Fibra em Detergente Neutro (FDN); Hemicelulose; Lignina; relação FDN Carboidratos solúveis; fração indegradável da FDN; taxa de degradação da FDN; e taxa de degradação da Matéria Seca. A aplicação da análise de agrupamento segundo o método de Tocher, utilizando a matriz de distâncias euclidiana média, permitiu o estabelecimento de três grupos de genótipos. A FDN e a taxa de degradação da MS foram as variáveis de maior importância para a discriminação dos grupos, contribuindo, cada uma destas com 25,64% do poder de discriminação total. A fração indegradável da FDN foi a variável que apresentou a menor contribuição para discriminação dos grupos (11,54%). As variáveis FDN, fração indegradável da FDN, hemicelulose, taxa de degradação da MS e a taxa de degradação da FDN mostraram-se eficazes no estudo da diversidade nutricional da cana-de-açúcar. O grupo III constituído pelo clone RB977512 apresentou as melhores médias para as variáveis avaliadas, e desta forma, esse genótipo pode ser considerado de melhor qualidade nutricional para alimentação de ruminantes.

Palavras-chave: análise de agrupamento, degradação ruminal, fibra

Nutritional Divergence Evaluation of Sugarcane (*Saccharum* spp.) Genotypes

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate sugarcane nutritional divergence of genotypes for the feeding of ruminant animals. The sugarcane genotypes evaluated were: RB72454, RB835486, SP80-1842, IAC86-2480, RB977512, RB867515, RB935566, RB925345, RB977625, SP79-1011, SP80-1816, SP81-3250 and SP91-1049, harvested at 11 months. The discriminatory variables used were: Neutral detergent fiber (NDF); hemicellulose; lignin; NDF to soluble carbohydrate relation; NDF undegradable fraction; NDF degradation rate; and dry matter degradation rate. The application of the cluster analyses by the Tocher method, using the mean Euclidian distance, established three groups of genotypes. The most important variables for group discrimination were NDF and DM degradation rate, contributing, each one with 25.64% of the total discrimination power. NDF undegradable fraction presented the least contribution for group discrimination (11.54%). The variables NDF, NDF undegradable fraction, hemicellulose, DM degradation rate, and NDF degradation rate showed to be effective in the study of sugarcane nutritional divergence. Group III constituted by the clone RB977512 presented the best average values for the evaluated variables, so, this genotype can be considered of higher nutritional quality for ruminant feeding.

Key-words: cluster analyses, fiber, ruminal degradation

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) vem sendo intensamente utilizada na alimentação de bovinos. A facilidade de cultivo, a execução da colheita justamente nas épocas de estiagem e a grande produção em condições tropicais, tornam-na um alimento de grande interesse nos sistemas de produção de bovinos de leite e de carne.

O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. A área cultivada atinge aproximadamente, 5,5 milhões de hectares, estimando-se que dez por cento desta área seja destinada à alimentação animal onde, podem ser produzidos em torno de 30 milhões de toneladas de massa verde (Landell et al., 2002).

Atualmente, o plantio da cana-de-açúcar se baseia, quase que exclusivamente, na utilização de variedades, que são híbridos (clones) complexos das espécies do gênero *Saccharum*, o que permitiu redução do custo de produção da cana-de-açúcar, bem como incrementos nos ganhos em produtividade. Quando se observa a evolução da produtividade da cultura nos Estados de Minas Gerais e de São Paulo, desde a década de setenta, verificam-se ganhos anuais da ordem de 0,83 e 1,41 toneladas de cana por hectare e 1,37 e 0,89 kg de açúcar por tonelada de cana, respectivamente (Barbosa, 2000).

Diferenças na qualidade entre espécies e variedades de gramíneas são bastante conhecidas (Collins & Casler, 1990a; 1990b). O melhoramento genético da planta forrageira pode influenciar a qualidade da forragem. Anderson et al. (1988) desenvolveram um cultivar de *Panicum virgatum* com maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca, e observaram maiores ganhos por animal com o cultivar melhorado em comparação com a linhagem não selecionada. Hall et al. (1994) modificaram a taxa de degradação *in vitro* da alfafa para diminuir o potencial desta forragem em provocar

timpanismo. Existem vários outros exemplos da utilização do melhoramento genético para aprimorar a qualidade de plantas forrageiras.

Há muito se preconiza que a melhor variedade para a indústria de açúcar é também a melhor variedade para ser usada como forrageira, uma vez que apresentará melhor teor de açúcar, o que é interessante para alimentação animal. No entanto, a cana-de-açúcar apresenta numerosas variedades com características bastante diversificadas, e especificamente quando se destina a alimentação animal, as principais características a serem observadas são: a produção de matéria seca (cana planta e soca), a facilidade de colheita e a qualidade nutritiva, na qual serão observados não só o seu teor de açúcar, como também, a qualidade da fibra.

Por outro lado, uma das limitações quanto ao uso da cana-de-açúcar na alimentação animal é o seu baixo teor de proteína aliado à baixa digestibilidade da fibra. Na seleção de variedades para a indústria pouca atenção é dada à qualidade da fibra contida na planta, o que pode afetar de maneira adversa o seu valor nutritivo para bovinos.

O termo qualidade refere-se à totalidade de fatores que influenciam o valor nutritivo das plantas forrageiras para os animais, sendo os principais fatores relacionados à qualidade da forragem, à digestibilidade e ao consumo de alimentos que, em última instância, ditam o suprimento de nutrientes para os diferentes processos fisiológicos.

O baixo consumo voluntário da cana-de-açúcar está associado à baixa degradação de sua fibra no rúmen, o que provoca acúmulo de fibra não-degradada neste compartimento, limitando assim o consumo por repleção ruminal. Dietz et al. (1997) observaram que a degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) da cana-de-açúcar no rúmen de bovinos, somente teve início após 24 horas de incubação *in situ*.

De acordo com Poppi et al. (1985), a ingesta sofre maior resistência para sair do rúmen até ser reduzida a partículas pequenas ($\leq 1,18$ mm). Se este processo é rápido, o alimento degradado pode ser substituído por mais alimento consumido. Se a degradação é prolongada, o enchimento ruminal irá limitar o consumo. É interessante então, a seleção de variedades com taxas de degradação mais elevadas, o que pode favorecer o consumo de alimento.

Segundo Gooding (1982), um parâmetro importante na escolha de variedades de cana-de-açúcar para ruminantes é a relação entre o conteúdo de FDN e o teor de açúcares, sendo que, quanto menor esta relação, melhor a variedade para a função forrageira. De acordo com Rodrigues et al. (2001), deve-se selecionar variedades com menor relação FDN/açúcares para alimentação de bovinos, visando evitar que o maior teor de FDN de algumas variedades limitem o consumo pelo animal e, conseqüentemente, o consumo de açúcares, componente que fornece a maior parte da energia digestível da cana.

Rodrigues et al. (2002), ao avaliarem o valor nutritivo de variedades de cana-de-açúcar com novilhas, com média de peso inicial de 219,1 kg e 12,3 meses de idade, verificaram médias diárias de ganhos de peso vivo entre 0,65 a 0,89 kg/animal e conversão alimentar de 7,64 a 10,18 kg MS/kg de ganho, sendo que as variedades que proporcionaram maiores ganhos de peso e melhor conversão alimentar foram as que apresentavam maiores valores de digestibilidade *in vitro* da MS e relação FDN/açúcares mais baixas.

Para avaliação da diversidade nutricional de forrageiras, baseando-se em diversas variáveis discriminatórias, diferentes métodos podem ser usados. Dentre os métodos com este propósito, destaca-se a análise de agrupamento. Dentro desta técnica pode-se

utilizar as variáveis que forem consideradas mais importantes para a avaliação de uma determinada forrageira.

Diversos autores têm utilizado técnicas de análise multivariada para avaliação de forrageiras. Strapasson et al. (2000) utilizaram técnica de análise multivariada para caracterizar acessos das espécies *Paspalum guenoarum* e *Paspalum plicatulum* e Azevêdo et al. (2003) para avaliar a divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar. De acordo com Cruz & Regazzi (1997), a aplicação da técnica de análise de agrupamento tem sido intensa em áreas como ciências biológicas, medicina, geologia, ciências sociais, dentre outras.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência nutricional de um grupo de genótipos de cana-de-açúcar, buscando-se inferir em relação à produção qualitativa de forragem para bovinos.

Material e Métodos

Foram avaliados os seguintes genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.): RB72454, RB835486, SP80-1842, IAC86-2480, RB867515, SP79-1011, SP80-1816, SP81-3250 e SP91-1049, RB977512, RB935566, RB925345, RB977625. Os quatro últimos genótipos relacionados são clones desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar da Universidade Federal de Viçosa; os demais já são variedades comerciais empregadas na produção de açúcar e de álcool no Brasil, com exceção da variedade IAC86-2480 que foi desenvolvida exclusivamente para fins forrageiro pelo Instituto Agrônomo de Campinas -IAC

As amostras dos genótipos foram coletadas no Centro de Pesquisa e melhoramento da cana-de-açúcar – CECA da UFV, localizado no Município de Oratório – MG. Este município encontra-se a uma altitude média de 422 m, apresenta

média anual de temperatura do ar de 23,8°C, variando entre a média das máximas de 29,5°C e a média das mínimas de 15°C. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa. A umidade relativa média do ar é de 64,7% e a precipitação pluviométrica média anual de 1369,6 mm, que se caracteriza por duas estações bem definidas, sendo que 80% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro a março, correspondendo ao período chuvoso, e os 20% restantes, entre os meses de abril a setembro, correspondendo ao período seco (Coelho & Ribeiro, 1988).

Os cortes foram realizados em maio de 2003, tendo ocorrido corte anterior em junho de 2002. Foram colhidas dez amostras da planta inteira (colmo mais folhas) por clone, sendo realizada uma desfolha em cada corte para a retirada das folhas secas, como é normalmente feito quando se fornece esta forrageira aos animais. Estas amostras foram desintegradas em ensiladora estacionária para a obtenção de uma amostra composta, contendo aproximadamente três quilos, que foram devidamente empacotados em sacos plásticos e armazenados sob refrigeração (-20°C) para posteriores análises.

As análises bromatológicas e o ensaio de degradabilidade *in vitro* foram realizados nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - MG.

Inicialmente, as amostras foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 96 horas, para posterior moagem em peneira de 1 mm.

As variáveis avaliadas neste estudo foram: fibra em detergente neutro (FDN); hemicelulose (Hem), obtida pela diferença entre FDN e fibra em detergente ácido (FDA), lignina (Lig) utilizando permanganato de potássio, conforme Van Soest & Robertson (1985); relação FDN carboidratos solúveis; fração indegradável da FDN (I); taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN (kd_{FDN}) e taxa de

degradação dos carboidratos totais (kd_{CT}). A análise de carboidratos solúveis (CS) foi realizada de acordo com o método descrito por Silva & Queiroz (2002).

A fração indegradável da FDN (I) foi obtida pela técnica gravimétrica pela incubação *in vitro* por 144 horas da fibra insolúvel em detergente neutro, e a fração potencialmente degradável da FDN (b') foi obtida pela fórmula $b' = 100 - I$.

As taxas de degradação dos CT e da FDN foram estimadas pela técnica de produção de gases. O peso de aproximadamente 100 mg das amostras pré-secas a 60°C por 72 horas e 100 mg de amostras da fibra insolúvel em detergente neutro, moídas em peneiras com crivos de um milímetro, foram incubadas em triplicata, em frascos de vidro de 50 mL contendo 8 mL da solução tampão de McDougall (McDougall, 1949) previamente reduzida com CO₂ (pH 6,9-7,0) e 2 mL de inoculo ruminal, proveniente de dois bovinos fistulados no rúmen. Imediatamente após, os frascos receberam tampa de borracha e lacre de alumínio e permaneceram em mesa de agitação orbital (44 rpm) numa sala climatizada, mantida a 39°C. As leituras de pressão foram realizadas por meio de um sensor de pressão acoplado a um voltímetro, nos seguintes tempos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 96 e 120 horas (Maurício et al., 1999). As leituras realizadas em volts foram convertidas para mL conforme Pell & Schofield (1993). A cinética da produção cumulativa dos gases foi analisada empregando-se o modelo de regressão não-linear de Brody:

$$V(t) = Vf[1 - b^{(-c*t)}].$$

Neste modelo $V(t)$ é o volume de gases acumulado (mL) no tempo “ t ”; Vf , o volume total de gases produzido em t (mL); c , a taxa específica de produção de gases; b , parâmetro de forma, sem interpretação biológica; e t , o tempo de incubação.

Após a obtenção dos resultados laboratoriais, procedeu-se à redução dos valores a médias dos clones, empregando-se todas as variáveis avaliadas como base para análise

multivariada de agrupamento por otimização segundo o método de Tocher (Cruz & Regazzi, 1997). Adotou-se a distância euclidiana média como medida básica de dissimilaridade, sendo esta calculada após a padronização das informações.

Os procedimentos estatísticos foram realizados por intermédio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), versão 9.0.

Resultados e Discussão

A composição bromatológica dos 13 genótipos de cana-de-açúcar encontra-se na Tabela 1. Nesta tabela pode ser visualizado que os teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (Lig) estão de acordo com a variação na composição de 15 variedades de cana-de-açúcar verificados por Azevedo et al. (2003a), de 23,1 a 28,7% MS, 43,8 a 53,8% FDN e 24,3 a 29,7% FDA.

Estes dados também estão de acordo com aqueles compilados de trabalhos publicados no Brasil (Valadares Filho et al., 2002) em que observou-se teores médios com base na MS de $55,9 \pm 8,2\%$ para FDN em 39 observações; lignina de $10,0 \pm 2,8\%$ em 52 observações; hemicelulose de $20,5 \pm 4,9\%$ em 14 observações.

Tabela 1 – Teores médios de matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), lignina (Lig) e relação FDN:carboidratos solúveis (CS) de genótipos de cana-de-açúcar

Table 1 – Mean values of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicelulose (Hem), Lignin (Lig), and NDF:soluble carbohydrate (SC) relation of sugar cane genotypes

Genótipos <i>Genotypes</i>	MS (%) <i>DM (%)</i>	FDN (%MS) <i>NDF (%DM)</i>	FDA (%MS) <i>ADF (%DM)</i>	Hem (%MS) <i>(%DM)</i>	Lig (%FDN) <i>(%NDF)</i>	FDN/CS <i>NDF/SC</i>
RB72454	23,42	55,46	32,24	23,22	11,68	1,37
RB835486	20,80	53,53	30,18	23,35	10,63	1,19
SP80-1842	26,48	55,66	34,63	21,03	12,45	1,28
IAC86-2480	20,14	57,06	34,54	22,52	11,11	1,41
RB977512	24,66	50,65	30,41	20,24	13,26	1,20
RB867515	25,40	55,64	33,47	22,17	9,97	1,32
RB935566	20,80	57,82	35,39	22,43	12,48	1,72
RB925345	27,60	58,51	35,99	22,51	13,54	1,49
RB977625	25,00	55,17	33,00	22,17	12,55	1,34
SP79-1011	26,38	53,45	31,84	21,61	11,69	1,21
SP80-1816	26,19	53,45	32,03	21,42	12,64	1,26
SP81-3250	24,86	52,52	30,44	22,08	12,59	1,23
SP91-1049	25,44	54,74	33,00	21,74	13,09	1,37
Média <i>Mean</i>	24,40	54,90	32,86	22,04	12,13	1,33
EP ¹ <i>SE¹</i>	2,41	2,19	1,91	0,85	1,06	0,14

1, EP = erro padrão.

1, SE = standard error.

O conteúdo de lignina variou de 9,97 a 13,54% da FDN com um valor médio de 12,13%. Este teor de lignina é inferior aos valores encontrados por Fernandes et al. (2003a) e Azevêdo et al. (2003a) de 14,25 e 14,10%, respectivamente, ambos avaliando variedades de cana-de-açúcar colhida em soca aos 14 meses. Normalmente, o teor de lignina em relação ao conteúdo de FDN da forragem está negativamente correlacionado com a degradação da fração fibrosa, sendo que Van Soest (1981) concluiu que a lignina impede a digestão dos carboidratos da parede celular em aproximadamente 1,4 vezes o seu próprio peso.

Van Soest (1994) também considerou que o teor de FDN apresenta estreita relação com o consumo das forragens e conseqüentemente com o desempenho dos animais. O valor da relação entre os teores de FDN e de carboidratos solúveis (FDN/CS) tem sido utilizado na avaliação da qualidade nutritiva da cana-de-açúcar, sendo o valor de 3,0 considerado como indicativo de que a FDN não seria limitante ao consumo de MS, e conseqüentemente, de açúcares, que fornecem a maior parte da energia digestível para os animais alimentados com esta forragem (Rodrigues et al., 2001). Os valores observados para as variedades estudadas ficaram abaixo de 1,8 com uma média de 1,33.

Os resultados médios das estimativas das variáveis obtidas na cinética de degradação *in vitro* estão apresentados na Tabela 2. Os teores de fração indegradável da FDN (I) observados, estão dentro da variação citada por Valadares Filho et al. (2002) com estimativa de $45,1 \pm 12,7\%$ em seis observações. Entretanto, Azevêdo et al. (2003a) e Fernandes et al. (2003a) encontraram teores da fração indegradável da FDN (I) bem superiores, variando de 52,4 a 61,7 e de 57,3 a 60,2%, respectivamente.

Os teores mais elevados da fração indegradável da FDN encontrados por estes autores, provavelmente, estão relacionados com o estágio de maturidade mais avançado (14 a 18 meses de rebrotação) das variedades avaliadas, o que fica evidenciado pelos maiores teores de lignina citados anteriormente.

Tabela 2 – Média das estimativas para as variáveis degradação potencial da fração da FDN (b'), fração indegradável da FDN (I), taxa de degradação dos carboidratos totais (kd_{CT}) e taxa de degradação da FDN (kd_{FDN}) de genótipos de cana de açúcar

Table 2 – Mean estimates of the variables potential degradation of the NDF fraction (b'), NDF undegradable fraction (I), total carbohydrate degradation rate (kd_{TC}), and NDF degradation rate (kd_{NDF}) of sugar cane genotypes

Genótipo Genotype	Variável (Variable)			
	b' (%)	I (%)	kd _{CT} (h ⁻¹) kd _{TC} (h ⁻¹)	kd _{FDN} (h ⁻¹) Kd _{NDF} (h ⁻¹)
RB72454	64,18	35,82	0,0625	0,0173
RB835486	65,23	34,77	0,0757	0,0165
SP80-1842	58,05	41,95	0,0691	0,0116
IAC86-2480	58,86	41,14	0,0768	0,0134
RB977512	64,58	35,42	0,0963	0,0125
RB867515	56,87	43,13	0,0649	0,0144
RB935566	60,15	39,85	0,0399	0,0163
RB925345	58,93	41,07	0,0470	0,0124
RB977625	59,16	40,84	0,0694	0,0101
SP79-1011	62,15	37,85	0,0774	0,0145
SP80-1816	62,16	37,84	0,0816	0,0130
SP81-3250	61,79	38,21	0,0940	0,0160
SP91-1049	58,23	41,77	0,0846	0,0173
Média (Mean)	60,80	39,20	0,0722	0,0143
EP ¹ (SE ¹)	2,74	2,74	0,0163	0,0023

1, EP = erro padrão.

1, SE = standard error.

As taxas de digestão da FDN (kd_{FDN}) estimadas para os clones avaliados foram inferiores aos dados observados em trabalhos recentes nos quais foram observados valores variando de 0,0212 a 0,0310 h⁻¹ (Campos et al., 2001; Azevêdo et al., 2003b; Fernandes et al., 2003b; Campos, 2004). Já as estimativas das taxas de degradação dos CT (kd_{CT}) foram bem superiores aos valores encontrados por Campos (2004) e Azevêdo et al. (2003b) de 0,0456 e 0,0410 h⁻¹, respectivamente.

No presente estudo, todos os genótipos de cana-de-açúcar foram cultivados no mesmo tipo de solo e sob condições agronômicas idênticas. Portanto, a variabilidade encontrada para as variáveis, entre os tratamentos, pode estar relacionada às suas

características genéticas, refletidas por uma grande variabilidade sobre os parâmetros de degradação ruminal e na composição bromatológica.

A contribuição das variáveis para discriminação dos grupos encontra-se na Tabela 3. A primeira análise de agrupamento (Agrupamento 1) foi realizada com todas as variáveis propostas inicialmente no trabalho; contudo, para permanência de uma variável no modelo, adotou-se o limite mínimo de 10% de contribuição da variável para o poder total de discriminação entre grupos. Sendo assim foi realizada uma segunda análise (Agrupamento 2) com a exclusão das variáveis FDN/CS e lignina que contribuíram com apenas 6,41 e 8,97% (Tabela 3), respectivamente. Tal comportamento parece ser reflexo da maior estabilidade destas variáveis com relação à variação entre clones, dificultando sua contribuição na avaliação de divergências nutricionais entre os genótipos.

É interessante observar que, com o descarte das duas variáveis do Agrupamento 1, o aumento na contribuição das variáveis FDN e taxa de degradação da MS (kd_{CT}) foram da mesma magnitude, passando estas variáveis a apresentarem a maior contribuição para discriminação dos grupos com um valor de 25,64% (Tabela 3).

A fração indegradável da FDN (I) e a taxa de degradação da FDN (kd_{FDN}) sofreram um pequeno aumento passando de 10,26 para 11,54% e de 15,38 para 16,67%, respectivamente e a variável hemicelulose (Hem) não sofreu nenhuma alteração (Tabela 3).

Tabela 3 – Contribuição das variáveis para discriminação dos grupos

Table 3 – Variables contribution for group discrimination

Variável Variable	Contribuição das variáveis (%) Variables contribution (%)	
	Agrupamento 1 Cluster 1	Agrupamento 2 Cluster 2
FDN (NDF)	19,23	25,64
I	10,26	11,54
Hem	20,51	20,51
FDN/CS (NDF/SC)	6,41	-
Lig	8,97	-
kd _{CT} (kd _{TC})	19,23	25,64
kd _{FDN} (kd _{NDF})	15,38	16,67

Na segunda análise (Agrupamento 2), a variável que apresentou a menor contribuição foi a fração indegradável da fibra em detergente neutro (I) contribuindo com 11,54% (Tabela 3), valor este superior ao limite de 10% citado anteriormente. Azevêdo et al. (2003a), utilizando a análise de componentes principais, observaram que a fração indegradável da FDN (I) foi a variável de menor importância para explicar a variabilidade nutricional dos genótipos de cana-de-açúcar estudados. No entanto, estes autores também obtiveram menor importância para variável FDN na avaliação da divergência nutricional, a qual, contudo, não foi descartada, pois foi necessária para a obtenção de outras variáveis utilizadas no estudo.

No método de Tocher adota-se como critério que a média das medidas de dissimilaridade dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias entre quaisquer grupos (Cruz & Regazzi, 1997). A maior distância encontrada, entre as menores em relação a cada um dos clones foi de 1,7196. Assim foi estabelecido $\theta = 1,7196$ como o limite de acréscimo, na média da distância intragrupo, para a formação ou inclusão de um novo genótipo no grupo.

A aplicação de agrupamento por otimização de Tocher, utilizando a matriz de distâncias euclidiana média, permitiu o estabelecimento de três grupos (Tabela 4). Na

Tabela 4, também estão apresentadas as médias das variáveis dentro de cada grupo e as distâncias médias intragrupo.

Tabela 4 – Grupos de genótipos de cana-de-açúcar e média das variáveis dentro de cada grupo

Table 4 – Clusters of sugar cane genotypes, and mean of the variables within each cluster

Itens <i>Items</i>	Grupos (<i>Clusters</i>)		
	I	II	III
Genótipos <i>Genotypes</i>	RB977512	RB935566	
		RB925345	SP79-1011
		IAC86-2480	SP80-1816
		RB977625	SP81-3250
		SP80-1842	RB835486
		RB867515	RB72454
		SP91-1049	
Distância média intragrupo <i>Mean distance in-group</i>	-	1,5327	1,6925
FDN (%MS) <i>NDF (%DM)</i>	50,65	56,37	53,68
I (%MS) <i>I (%DM)</i>	35,42	41,39	36,90
Hem (%MS) <i>Hem (%DM)</i>	20,24	22,08	22,33
kd _{CT} (h ⁻¹) <i>kd_{TC} (h⁻¹)</i>	0,0963	0,0645	0,0782
kd _{FDN} (h ⁻¹) <i>kd_{NDF} (h⁻¹)</i>	0,0125	0,0136	0,0155

Pode-se observar que o grupo I foi constituído somente pelo clone RB977512, o qual foi considerado o de melhor qualidade nutricional, por apresentar os menores teores de FDN (50,65%) e fração indegradável da FDN (I) (35,42%) e maior taxa de degradação dos carboidratos totais (kd_{CT}). Contudo, este clone apresentou taxa de degradação da FDN (kd_{FDN}) (0,0125 h⁻¹) menor do que a média dos outros grupos. Entretanto, mesmo com uma menor taxa de degradação da FDN, este aspecto não se torna tão negativo, uma vez que sua contribuição para discriminação foi bem inferior em comparação à FDN, à hemicelulose e à taxa de degradação dos carboidratos totais (Tabela 3).

A avaliação do conteúdo de FDN e de sua fração indegradável (I) das variedades de cana-de-açúcar é especialmente importante devido à sua influência no consumo de alimentos. O aumento no teor de FDN resulta em ampliação proporcional no consumo de FDN por quilo de matéria seca o que leva a um aumento proporcional na competição por escape das partículas da massa de alimento no rúmen (Ellis et al., 2000). Esse aumento na competição por escape leva a um aumento no tempo de retenção, o que por sua vez, reflete negativamente na regulação física do enchimento ruminal fazendo com que o animal diminua o consumo de alimentos.

A menor taxa de degradação da FDN estimada para o clone RB977512, provavelmente está relacionada com a maior concentração de lignina (13,26% FDN) (Tabela 1) encontrada para este clone. Os ácidos fenólicos de lignina “noncore” esterificados somente aos polissacarídeos, sem ligação com o polímero de lignina “core”, diminuem a taxa de degradação da parede celular, mas não alteram a extensão da degradação, porque as ligações éster são susceptíveis à quebra enzimática (Jung & Deetz, 1993). Isto justifica o fato, apesar de o clone RB977512 apresentar uma baixa taxa de degradação da FDN, e menor teor da fração indegradável da FDN em relação aos outros grupos.

No grupo II (Tabela 4) estão apresentados os clones que foram considerados de menor interesse para a produção de forragem para ruminantes, nas condições avaliadas neste trabalho. Este grupo apresentou a maior média para os teores de FDN (56,37%) e fração indegradável da FDN (I) (41,39%) e a menor taxa de degradação dos carboidratos totais ($0,0645 \text{ h}^{-1}$).

O grupo III é composto pelas variedades SP79-1011, SP80-1816, SP81-3250, RB835486 e RB72454, sendo que as variedades “SP” mostraram-se altamente similares, o que pode ser verificado pelos resultados expressos nas Tabelas 1 e 2. Neste

grupo estão as variedades (SP79-1011 e SP80-1816) que apresentaram a menor distância euclidiana média (0,2178) e portanto, as mais próximas.

É interessante ressaltar que as variedades que compõe o grupo III estão entre as 10 variedades mais cultivadas no Brasil. Considerando a grande disponibilidade destas e avaliando as médias das variáveis apresentadas, pode ser observado que a variedade RB835486 também pode ser considerada de grande valor para a finalidade forrageira. Esta variedade apresentou teor de FDN de 53,53% e taxa de degradação dos carboidratos totais (kd_{CT}) (0,0757), e fração indegradável da FDN (I) (34,77) bem próxima, teor de lignina (%FDN) 24,7% menor e taxa de degradação da FDN (kd_{FDN}) 32% superior ao clone RB977512.

A maior taxa de degradação da FDN pode ser bastante favorável, porque aumenta a possibilidade de escape da fração não-digerida. A taxa de passagem e de degradação afetam o consumo. Deste modo, altas taxas de degradação implicam em resíduo ruminal mínimo e rápida remoção (Paterson et al., 1994).

O fato de o clone RB977512 e a variedade RB835486 apresentarem valores de lignina diferentes (13,26 e 10,63% da FDN, respectivamente) e teores da fração indegradável muito próximos, talvez possa ser explicado pelos modelos conceituais desenvolvidos independentemente por Chesson (1993) e Jung & Deetz (1993) para descrever como a lignificação da parede celular impede a degradação dos polissacarídeos pelos microrganismos ruminais. Os dois modelos sugerem que nem todas as “ligninas” afetam a degradação da parede celular da mesma forma. Neles a influência da lignina seria modulada pela sua composição e estrutura e pelos ácidos fenólicos da parede celular (Jung & Allen, 1995).

De acordo com estes autores, os ésteres de ácidos fenólicos são extensamente rompidos no processo de fermentação ruminal; portanto, a redução na digestibilidade

causada por esses ésteres deve estar mais relacionada com uma redução na taxa de degradação dos polissacarídeos do que na sua extensão. Isto leva a crer que a menor taxa de degradação da FDN, observada para o clone RB977512 em relação à variedade RB835486, deve ser consequência de uma maior concentração de esteres de ácidos fenólicos na parede celular.

De acordo com Wilson & Mertens (1995), a estrutura física dos tecidos com parede celular espessa e o arranjo das células nos tecidos podem limitar a digestão da parede, tanto quanto, ou até mais, que a composição química da parede celular.

Nos dados apresentados por Rodrigues et al. (2001), ao avaliar a qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar, também pode ser observada a melhor qualidade da variedade RB835486 sobre as demais, apresentando o menor teor de FDN (45,6%) e os maiores teores de digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) nas duas épocas avaliadas (67,4 e 68,9%). Rodrigues et al. (2002), avaliando o valor nutritivo de quatro variedades de cana-de-açúcar, também observaram superioridade para a variedade RB835486, permitindo a obtenção de maiores ganhos de peso por novilhas em crescimento.

Conclusões

As variáveis FDN, fração indegradável da FDN, hemicelulose, taxa de degradação dos CT e taxa de degradação da FDN mostraram-se eficazes para avaliação da divergência nutricional da cana-de-açúcar, e dentre os genótipos estudados, o clone RB977512 pode ser considerado o de melhor qualidade nutricional.

Literatura Citada

ANDERSON, B.; WARD, J.K.; VOGEL, K.P. et al. Forage quality and performance of yearlings grazing switchgrass strains selected for differing digestibility. **Journal of Animal Science**, v.66, p.2239-2244, 1988.

- AROEIRA, L.J.M.; SILVEIRA, M.I.; LIZIERE, R.S. Degradabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços europeu x zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.552-564, 1993.
- AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003a.
- AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. et al. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003b.
- BARBOSA, M.H.P. Perspectivas para o melhoramento da cana-de-açúcar. In: RAPOSO, F.V.; LAMBERT, E.S.; ALVES, G.F. (Eds.) **IV Simpósio de atualização em genética e melhoramento de plantas. Genética e melhoramento de espécies de propagação vegetativa**. UFLA, Lavras, 2000. p.1-17.
- CAMPOS, P.R.S.C. **Estimativa do valor energético e da taxa de degradação da fibra em detergente neutro de alguns volumosos em ovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2004. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- CAMPOS, F.P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F. et al. Digestibilidade *in vitro*/gás de volumosos exclusivos ou combinados avaliados pelo resíduo remanescente da digestão da matéria seca e produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1579-1589, 2001.
- CARMO, C.A.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P. 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**, v.30, n.6, p.2126-2133, 2001. (Suplemento)
- CHESSON, A. Mechanistic models of forage cell wall degradation. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: USA, 1993. p.347-376.
- COELHO, M. B.; RIBEIRO, S.N.N. Análise dos dados meteorológicos do Município de Ponte Nova – MG. **Brasil Açucareiro**, v.106, n.4, p.26-36, 1988.
- COLLINS, M.; CASLER, M.D. Forage quality of five cool-season grasses. I. Cultivar effects. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, n.1, p.197-207, 1990a.
- COLLINS, M.; CASLER, M.D. Forage quality of five cool-season grasses. II. Species effects. **Animal Feed Science and Technology**, v.27, n.1, p.209-218, 1990b.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 390p.
- DIETZ, G.; LUCCI, C.S.; MELOTTI, L. Degradabilidade ruminal da fibra da cana-de-açúcar, pela técnica dos sacos de náilon *in situ*, quando suplementada por várias fontes protéicas. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, v.34, n.6, p.352-357, 1997.
- ELLIS, W.C.; POPPI, D.; MATIS, J.H. Feed intake in ruminants: kinetic aspects. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Farm animal metabolism and nutrition**. Edinburgh: UK, 2000. p.335-364.

- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Composição químico-bromatológica de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003a.
- FERNANDES, A.M. QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Fracionamento e cinética da degradação *in vitro* dos carboidratos constituintes da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1778-1785, 2003b. (Supl. 1).
- GOODING, E.G.B. Effect of quality of cane on its value as livestock feed. **Tropical Animal Production**, v.7, n.1, p.72-91, 1982.
- HALL, J.W.; MAJAK, W.; STOUT, D.G. et al. Bloat in cattle fed alfalfa selected for low initial rate of digestion. **Canadian Journal of Animal Science**, v.74, p.451-456, 1994.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2774-2790, 1995.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: USA, 1993. p.315-346.
- LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A. et al. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção de uso na alimentação animal**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 39p. (Série Tecnologia APTA, boletim técnico IAC; 193).
- MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- McDOUGAL, E.I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, n.1, p.99-109, 1949.
- PATERSON, J.A.; BELYEA, R.L.; BOWMAN, J.P. et al. The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.59-114.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.
- PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S.C., GARCIA, R. Degradabilidade *in vivo* e *in situ* de nutrientes e eficiência de síntese de proteína microbiana, em bovinos, alimentados com cana-de-açúcar sob diferentes formas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.4, p.763-777, 1996.
- POPPI, D.P.; HENDRICKSON, R.E.; MINSON, D.J. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle. **Journal of Agricultural Science**, v.105, p.9-14, 1985.

- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD-ROM.
- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. 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...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ. 165p. 2002.
- STRAPASSON, E.; VENCovsky, R.; BATISTA, L.A.R. Seleção de descritores na caracterização de germoplasma de *Paspalum sp.* Por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.373-381, 2000.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr., V.R.Ç CAPPELE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.
- VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. Degradabilidade “in situ” da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p.512-522, 1990.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J. Limiting factors in plant residues of low digestibility. **Agriculture Environment**, v.6, p.135-143, 1981.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods.** Lab Manual for Animal Science 613. Dept. Animal Science, Cornell University, Ithaca, N.Y. 1985.
- WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**, v.35, n.1, p.251-259, 1995.

Características da Silagem de Cana-de-Açúcar Com Inoculante Bacteriano, Hidróxido de Sódio e Acrescida de Resíduo da Colheita da Soja

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade nutricional e as características fermentativas da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante microbiano (*Lactobacillus plantarum* nas doses 1,0; 1,2 e 1,4 x 10⁶ ufc/g MN), hidróxido de sódio (solução 40% na base de 3% da MS) e acrescida de 10% de resíduo da colheita da soja, com base no peso verde da cana. Foi utilizada a variedade RB855536, colhida em soca aos 11 e 13 meses. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, em delineamento inteiramente ao acaso com três repetições em esquema fatorial 2 x 8 (duas idades e oito tratamentos da massa ensilada). Os resultados foram avaliados por intermédio da análise de fatores. Para as variáveis de composição e cinética de degradação, foram obtidos três fatores, os quais foram nomeados de: “qualidade nutritiva” (QN), incluindo matéria seca (MS), proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina; “maturidade fisiológica” (MF), carboidratos solúveis (CS), lignina e fração indegradável da FDN; e “velocidade de degradação dos carboidratos fibrosos” (VDF), contemplando o kd_{FDN} . Às variáveis de características de fermentação atribuíram-se os fatores: “perdas e fermentação secundária” (PFS), incluindo perda de MS, concentração de ácido acético, ácido propiônico e etanol; “potencial hidrogeniônico” (PH), pH; e “degradação protéica” (DP), concentração de nitrogênio amoniacal. O resíduo da colheita da soja na ensilagem da cana-de-açúcar mostrou-se capaz de melhorar a qualidade nutritiva e reduzir as perdas de matéria seca e a produção de etanol das silagens. O tratamento das silagens com hidróxido de sódio diminuiu a produção de etanol, mas não melhorou a qualidade nutritiva e não foi capaz de reduzir as perdas de matéria seca das silagens. A utilização de inoculante microbiano contendo *L. plantarum* não foi capaz de melhorar a qualidade nutritiva da silagem ou de reduzir as perdas de matéria seca e a produção de etanol.

Palavras-chave: ensilagem, fibra, parâmetros fermentativos, perda de matéria seca

Sugarcane Silage Characteristics Treated With Bacterial Inoculante, Sodium Hydroxide, and Added With Soy Crop Residue

ABSTRACT: The objective of the work was to evaluate the influence of *L. plantarum* in the doses of 1,0; 1,2 e 1,4 x 10⁶ cfu g⁻¹, residue (10%), NaOH (3% of DM), residue combined with NaOH, and residue combined with *L. plantarum* 1 x 10⁶, on the nutritive quality, DM losses, and fermentation parameters. The variety RB855536 harvested at 11 and 13 months was used. The experiment was conducted at the Universidade Federal de Viçosa Animal Science Department, Viçosa, MG, in a completely randomized arrangement with tree repetitions in a factorial outline 2 x 8 (two ages and eight treatments of the ensiled mass). The results were evaluated by the factor analysis. For the composition and degradation kinetic variables three factors were considered: “nutritional quality” (NQ), including the variables dry matter (DM), crude protein (CP), *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin; “physiologic maturity” (PM), soluble carbohydrate (SC), lignin and NDF undegradable fraction; and “fiber carbohydrate degradation velocity” (FDV), including kd_{NDF}. For fermentation characteristics variables, the following factors were considered: “secondary fermentation and losses” (SFL), including DM loss, acetic acid, propionic acid and ethanol concentrations; “hydrogen potential” (PH); and “protein degradation” (PD), amoniacal-N concentration. Soy crop residue in sugar cane silage showed to be capable of improving silage nutritive quality and diminishes DM losses and ethanol production. Silages treated with sodium hydroxide reduced ethanol production, but did not improve nutritive quality and were not capable of diminishing dry matter losses. The utilization of inoculants containing *L. plantarum* was not capable of improving silages nutritive quality or reducing dry matter losses and ethanol production.

Key-words: dry matter loss, ensilage, fermentative parameters, fiber

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) constitui uma alternativa de alimento volumoso para alimentação de bovinos, durante o período da seca. Neste período, devido à escassez das chuvas, levando conseqüentemente à baixa qualidade das forrageiras, seu uso aliado principalmente à uréia, fornece energia, fibra e proteína aos animais, a custo mais baixo, quando comparada a outras alternativas de suplementação, como silagem de milho ou de sorgo, devido à sua alta produtividade por área.

A cana-de-açúcar oferecida *in natura*, mediante cortes diários, apresenta alguns inconvenientes, como a contratação de mão-de-obra diária para cortes, despalhamento, desintegração e transporte. Com isso, muitos produtores têm optado pela ensilagem como alternativa de utilização desta forrageira, principalmente em situações onde é usada como forragem durante todo o ano, pela perda do valor nutritivo durante o verão, devido ao baixo teor de sacarose (Matsuoka & Hoffmann, 1993), e dificuldade de colheita em dias de chuva.

Apesar do número cada vez maior de produtores adotando a ensilagem da cana-de-açúcar, ainda são escassas as informações sobre a qualidade destas silagens submetidas a diferentes tratamentos. Informações recentes (Nussio et al., 2003; Pedroso, 2003) permitem demonstrar que a ensilagem da cana é uma prática que facilita o manejo de sua utilização em sistemas de produção, por duas razões: melhoria da eficiência de colheita, pois permite o corte de talhões que estiverem em declínio em termos de rendimento e de possibilidade de acamamento ou devido a geadas ou fogo; e o material fica disponível para uso em outros períodos de escassez de alimento.

A conservação da cana por meio da ensilagem, além de proporcionar homogeneização do material ensilado, apresenta boa economicidade, uma vez que o corte e a desintegração diários desta forragem exigem mão-de-obra adicional. Outro

aspecto a ser considerado é a liberação da área para uma rebrotação homogênea das plantas proporcionando, com isso, melhor cobertura do solo e maior índice de área foliar para o período das águas e, conseqüentemente, menores gastos com o controle de plantas invasoras.

Por outro lado, o inconveniente desta forrageira na obtenção de silagem é seu alto conteúdo de açúcares solúveis que resulta em rápida proliferação de leveduras com produção de etanol e gás carbônico (Valvasori et al., 1995). Em condições aeróbicas, as leveduras são capazes de sobreviver com diversos ácidos orgânicos, melhor do que a maioria dos microrganismos. Em condições anaeróbicas, no entanto, as leveduras têm que obter sua energia da fermentação de açúcares (McDonald et al., 1991). Essa intensa atividade das leveduras leva à redução de até 44% no teor de carboidratos solúveis, ao aumento no teor de componentes da parede celular e nas perdas de matéria seca (Alli et al., 1983). Teores de etanol da ordem de 7,8 a 17,5% da matéria seca têm sido observados para silagem de cana-de-açúcar isolada, resultando em perdas de até 29% da matéria seca da silagem (Kung Jr. & Stanley, 1982; Andrade et al., 2001; Silva, 2003).

Para melhorar a eficiência do processo de fermentação, uma variedade de aditivos para silagem está disponível. A adição de um produto com alto teor de MS funciona como um aditivo absorvente, elevando o teor de MS do material ensilado, o que torna o ambiente menos favorável para o desenvolvimento das leveduras. A utilização de aditivos microbianos contendo bactérias ácido lácticas promove uma queda mais acentuada do pH da silagem e um rápido acúmulo de ácido láctico. Apesar de o crescimento de leveduras não ser inibido pelos baixos níveis de pH atingidos durante o processo de ensilagem (McDonald et al., 1991), o aumento da população inicial de bactérias ácido lácticas aumenta a competição por substrato entre os microrganismos e o

ácido lático produzido inibe o desenvolvimento das leveduras em condições anaeróbicas.

Para a obtenção de silagens com bom padrão de fermentação, o teor de matéria seca do material a ser ensilado é muito importante. Andrade et al. (2001) observaram redução na produção de etanol à medida que níveis mais altos de rolão-de-milho foram utilizados na ensilagem, mostrando que o aumento do teor de matéria seca é capaz de diminuir a produção de etanol.

Outra alternativa seria empregar o resíduo da colheita da soja, que é constituído de grãos, quebrados e pequenos, vagens, hastes e folhas, sendo que, os grãos contribuem com, aproximadamente, 50% da sua composição, o que lhe confere um elevado valor nutritivo. Sendo assim, além de aumentar o teor de MS do material a ser ensilado, este resíduo pode aumentar o valor nutritivo da silagem.

Alcântara et al. (1989), estudando a adição de NaOH na ensilagem da cana-de-açúcar, observaram melhora no padrão de fermentação das silagens com redução da produção de etanol, mostrando que substâncias alcalinizantes também são capazes de modificar o processo fermentativo de silagens. Estas substâncias, provavelmente, exercem um efeito germicida diminuindo a população inicial de leveduras.

A idade da planta é um dos principais fatores que interferem na qualidade da cana-de-açúcar como alimento para bovinos. Quanto maior o grau de maturidade, menor será o teor de fibra (FDN) e maiores serão os teores de açúcar e de matéria seca, portanto melhor o seu valor para alimentação animal, tendo em vista que a fibra apresenta baixa digestibilidade e os açúcares podem ser considerados totalmente digestíveis. No entanto, quanto mais alto o teor de açúcares, mais favorável será o ambiente para a proliferação de leveduras durante o processo de ensilagem. Por outro

lado, o maior teor de matéria seca do material pode reduzir a proliferação destes microrganismos pela elevação da pressão osmótica (Van Soest, 1994).

Considerando estes fatos, objetivou-se neste trabalho avaliar as características da silagem de cana-de-açúcar, colhida em dois estádios de maturidade e tratada com inoculante microbiano, hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita da soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, onde foram coletadas e armazenadas as amostras. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB855536 fornecida pelo Departamento de Fitotecnia, a qual foi colhida nas dependências da UFV.

O município de Viçosa situa-se na Zona da Mata Mineira, com altitude média de 650 m. O tipo climático é Cwa, segundo classificação de Köppen. A umidade relativa média do ar é de 64,7% e a precipitação pluviométrica média anual é de 1431 mm, dos quais 85% ocorrem entre outubro e março. As médias de temperatura máximas e mínimas são, respectivamente, 26,1 e 14,0°C conforme dados fornecidos pelo Serviço de Meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

Os cortes e as ensilagens foram realizadas em maio e julho de 2003 quando o material possuía 11 e 13 meses, respectivamente.

O resíduo da colheita da soja foi adicionado à cana-de-açúcar recém picada ao nível de 10% com base na matéria natural, e nos tratamentos com hidróxido de sódio foi utilizada uma solução de 40%, e adicionada na base de 3% do peso seco do material. O inoculante microbiano utilizado foi o *Lactobacillus plantarum*, na dose recomendada para silagem de milho de $1,0 \times 10^6$ ufc/g de matéria natural (MN) e em doses 20 e 40% superiores ($1,2 \times 10^6$ ufc/g de MN e $1,4 \times 10^6$ ufc/g de MN) aplicados por aspersão.

Desta forma, foram constituídos oito tratamentos: 1 – controle; 2 – *L. plantarum* $1,0 \times 10^6$ ufc/g de MN; 3 - *L. plantarum* $1,2 \times 10^6$ ufc/g de MN; 4 - *L. plantarum* $1,4 \times 10^6$ ufc/g de MN; 5 – resíduo; 6 – NaOH; 7 – resíduo + NaOH; 8 – resíduo + *L. plantarum* $1,0 \times 10^6$ ufc/g de MN.

A cana-de-açúcar foi colhida por corte manual e desintegrada em ensiladora estacionária regulada para cortar a forragem em pedaços de aproximadamente 2 cm de comprimento.

O material foi ensilado em silos experimentais feitos com canos de PVC com 0,75 m de altura e 0,25 m de diâmetro, dispostos em bancadas de madeira e mantidos em local coberto, sob temperatura ambiente, até o momento da abertura. Na parte inferior dos silos havia um cano de PVC de $\frac{1}{2}$ " de diâmetro, fechado com tampa rosqueável, para escoamento e coleta do efluente produzido. Em cada silo foram colocados 10 kg da mistura fresca até a altura de 37 cm, de modo a obter a densidade de 550 kg/m^3 . A compactação foi realizada manualmente com êmbolo de madeira e o fechamento com tampas de madeira lacradas com fita adesiva e sacos plásticos.

Para avaliação das perdas, os silos experimentais foram pesados antes da ensilagem, logo após a ensilagem e ao final do período de armazenamento, para que fosse possível calcular o peso líquido da forragem contida em cada silo, no início e no final do experimento.

Após 45 dias de armazenamento, os silos foram abertos, sendo todo seu conteúdo retirado e colocado sobre uma lona plástica para homogeneização. Após esse procedimento foram retiradas amostras de cada unidade experimental, sendo separado amostra para extração do suco, utilizando prensa hidráulica. No suco das silagens, que foi mantido congelado em “freezer”, foram determinados os teores dos ácidos acético, propiônico, butírico e láctico, bem como a concentração de etanol. Foram determinadas

também a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_3), expressa como porcentagem do nitrogênio total, e o potencial hidrogeniônico (pH), utilizando potenciômetro digital (Bolsen et al., 1992). Uma segunda amostra foi pesada acondicionada em sacos de papel e colocada em estufa com ventilação forçada, a 60°C por 72 horas. Em seguida as amostras foram retiradas da estufa e deixadas à temperatura ambiente por uma hora e pesadas para determinação da matéria pré-seca. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo “Willey”, no qual foi adaptada peneira com malha de 1 mm, sendo guardadas em vidros com tampa para posteriores análises.

Os valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, hemicelulose, carboidratos solúveis (CS) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foram determinados segundo Silva & Queiroz (2002) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo técnica descrita por Licitra et al. (1996). As concentrações de ácido láctico, ácidos graxos voláteis e álcool etílico foram determinadas por cromatografia líquida de alta performance (HPLC). A fase móvel utilizada foi o H_2SO_4 ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$) a uma taxa de fluxo de 0,6 mL por minuto a 40°C (AOAC, 1990).

As taxas de digestão da FDN foram estimadas pela técnica de produção cumulativa de gases. O peso de aproximadamente 100 mg de amostras da fibra insolúvel em detergente neutro, moídas em peneiras com crivos de um milímetro foram incubadas em triplicata, em frascos de vidro de 50 mL contendo 8 mL da solução tampão de McDougall (McDougall, 1949) previamente reduzida com CO_2 (pH 6,9-7,0) e 2 mL de inoculo ruminal, proveniente de dois bovinos fistulados no rúmen. Imediatamente após, os frascos receberam tampa de borracha e lacre de alumínio e permaneceram em mesa de agitação orbital (44 rpm) numa sala climatizada, mantida a 39°C. As leituras de pressão foram realizadas por meio de um sensor de pressão

acoplado a um voltímetro, nos seguintes tempos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 96 e 120 horas (Maurício et al., 1999). As leituras realizadas em volts foram convertidas para mL conforme Pell & Schofield (1993). A cinética da produção cumulativa dos gases foi analisada empregando-se o modelo de regressão não-linear de Brody:

$$V(t) = V_f[1 - b^{(-c*t)}].$$

Neste modelo $V(t)$ é o volume de gases acumulado (mL) no tempo “ t ”; V_f , o volume total de gás produzido em “ t ” (mL); c , a taxa específica de produção de gases; b , parâmetro de forma, sem interpretação biológica; e t , o tempo de incubação.

Os resultados dos parâmetros de fermentação, foram separados daqueles de composição química e cinética de degradação, na execução das análises estatísticas.

O delineamento experimental foi de dados inteiramente ao acaso, com três repetições em esquema fatorial 2 x 8 (duas idades e oito tratamentos da massa ensilada).

Após as avaliações das variáveis, os resultados foram reduzidos às médias dos tratamentos, sendo analisados por intermédio de análise de fatores (“factor analysis”), empregando-se o método “Varimax” de rotação e ortogonalização dos fatores, adotando-se como critério de seleção dos fatores, as cargas fatoriais e a fração retida na variação total – comunalidade (Johnson & Wichern, 1998). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS, versão 8.0.

Resultados e discussão

A composição bromatológica da cana-de-açúcar, nos dois estágios de maturidade, e do resíduo da colheita da soja encontram-se na Tabela 1. A cana-de-açúcar utilizada para ensilagem, apresentou: teores médios de MS e teores elevados de DIVMS, nos dois estágios de maturidade; teores elevados dos componentes da fração fibrosa aos 11

meses de idade e teores baixos destes componentes aos 13 meses de idade, se comparados com os valores observados por Azevêdo et al. (2003) e Rodrigues et al. (2001), avaliando variedades industriais colhidas aos 12 e 13 meses de idade, respectivamente. Esses autores encontraram valores variando de: 23,1 a 28,7% para MS; 43,8 a 53,8% para FDN; 24,3 a 29,7% para FDA; 12,1 a 17,1% (% FDN) para lignina; e 58,3 a 69,0% para DIVMS.

Tabela 1 – Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da cana-de-açúcar e do resíduo da colheita da soja utilizados na ensilagem

Table 1 –Bromatological composition and “in vitro” dry matter digestibility (IVDMD) of sugar cane and soy crop residue, used for ensiling

Variáveis <i>Variables</i>	Primeiro período <i>First period</i>		Segundo período <i>Second period</i>	
	Cana-de-açúcar ¹ <i>Sugar cane¹</i>	Resíduo de soja <i>Soy crop residue</i>	Cana-de-açúcar ² <i>Sugar cane²</i>	Resíduo de soja <i>Soy crop residue</i>
Matéria Seca (%) <i>Dry Matter (%)</i>	26,0	81,3	27,8	85,1
Proteína Bruta (% MS) <i>Crude Protein (% DM)</i>	2,9	37,9	2,5	33,3
Carboidratos solúveis (% MS) <i>Soluble carbohydrate (% DM)</i>	41,0	10,1	54,3	9,6
FDN (% MS) <i>NDF (% DM)</i>	53,0	26,2	40,7	32,8
FDA (% MS) <i>ADF (% DM)</i>	30,5	21,2	25,8	22,6
Lignina (% FDN) <i>Lignin (% NDF)</i>	10,7	19,0	14,1	15,1
Hemicelulose (% MS) <i>Hemicellulose (% DM)</i>	22,5	5,0	14,9	10,2
DIVMS (%) <i>IVDMD (%)</i>	69,4	83,7	77,7	83,9

1, (11 meses); 2, (13 meses).

1, 11 months; 2, 13 months

A queda nos teores de FDN e de FDA da primeira para a segunda época de colheita é normalmente verificada para cana-de-açúcar, contrariamente ao observado para as demais espécies forrageiras. Essa queda pode ser explicada pela “diluição” dos constituintes da parede celular vegetal com o expressivo aumento do teor de carboidratos solúveis (CS) de 41% no primeiro período para 54,3% no segundo (Tabela

1), sendo o mesmo comportamento observado por Carvalho (1992), avaliando cinco variedades de cana-de-açúcar, onde o teor de FDN apresentou maior concentração na matéria seca próximo aos 241 dias de crescimento, reduzindo deste ponto em diante.

Os teores de CS verificados para a cana-de-açúcar nos dois períodos podem ser considerados elevados, se comparados com os valores relatados nos trabalhos de Pedroso (2003), que se situam ao redor de 23%. Entretanto, Alli & Baker (1982), trabalhando com cana-de-açúcar colhida aos 7,5 meses de crescimento, relatam valor intermediário (52% de CS na MS) aos valores verificados para as duas idades de corte no presente trabalho.

Não foi observada produção de efluentes nas silagens durante o período de armazenamento para as duas idades avaliadas.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados médios da composição química, da digestibilidade *in vitro* da matéria seca e das estimativas das taxas de degradação da fração de carboidratos fibrosos das silagens estudadas.

Observou-se que a variação dos dados foi explicada em 92,98% com apenas três fatores (Tabela 3), com 58,33% para o primeiro, 26,6% para o segundo e 8,05% para o terceiro fator, destacando-se as elevadas comunalidades para cada uma das variáveis avaliadas (maioria acima de 90%), exceto a fração indegradável da FDN (*I*) (70,99%), demonstrando-se que grande parte da variação para essa variável (aproximadamente 29%) seria de origem aleatória.

Tabela 2 – Médias de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), carboidratos solúveis (CS), digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (Lig), fração indegradável da FDN (I) e taxa de degradação da FDN (kd_{FDN}) das silagens de cana-de-açúcar nos diferentes tratamentos

Table 2 –Dry matter (DM), crude protein (CP), soluble carbohydrate (SC), “in vitro” dry matter digestibility (IVDMD), insoluble neutral detergent fiber (NDF), insoluble acid detergent fiber (ADF), lignin (Lig), undegradable NDF fraction (I), and NDF degradation rate (kd_{NDF}) means of sugarcane silages according to different treatments

meses (months)	Tratamento Treatment	MS (%) DM (%)	PB ² CP ²	CS ² SC ²	DIVMS (%) IVDMD (%)	FDN ² NDF ²	FDA ² ADF ²	Lig ²	I (%)	kd _{FDN} kd _{NDF}
11	Controle (Control)	22,4	3,7	9,1	53,6	66,3	38,7	8,0	56,9	0,0259
	<i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶ ufc/g ¹	20,5	4,2	7,5	53,2	69,7	40,5	7,8	56,7	0,0201
	<i>L. plantarum</i> 1,2 x 10 ⁶ ufc/g ¹	21,1	4,3	9,2	53,6	67,2	39,6	8,1	56,0	0,0210
	<i>L. plantarum</i> 1,4 x 10 ⁶ ufc/g ¹	21,2	3,9	8,9	56,1	67,2	39,6	8,1	59,2	0,0188
	Resíduo da colheita da soja (R.soja) <i>Soy crop residue (R.soy)</i>	29,2	10,2	10,9	67,0	54,4	33,0	5,3	55,1	0,0229
	NaOH	20,2	4,1	9,3	60,4	66,3	40,4	8,1	55,7	0,0189
	R.soja (R.soy) + NaOH	27,7	12,4	7,2	71,4	52,9	31,7	4,9	56,6	0,0205
	R.soja (R.soy)+ <i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶	28,2	11,1	10,9	70,3	54,0	31,2	4,8	56,9	0,0224
13	Controle (Control)	20,7	3,9	17,6	59,1	61,2	39,3	9,0	62,1	0,0192
	<i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶ ufc/g ¹	20,4	3,9	18,3	60,3	59,1	38,2	9,2	56,6	0,0192
	<i>L. plantarum</i> 1,2 x 10 ⁶ ufc/g ¹	21,6	4,0	20,2	63,6	57,0	35,5	8,0	53,9	0,0215
	<i>L. plantarum</i> 1,4 x 10 ⁶ ufc/g ¹	21,8	3,5	22,5	63,9	55,4	36,6	9,7	62,0	0,0258
	Resíduo da colheita da soja (R.soja) <i>Soy crop residue (R.soy)</i>	30,3	10,8	19,5	74,9	44,5	28,8	7,8	58,0	0,0236
	NaOH	22,1	3,4	24,9	68,0	50,4	32,5	8,7	66,1	0,0217
	R.soja (R.soy) + NaOH	30,2	11,4	21,0	74,5	43,3	27,8	7,8	66,3	0,0244
	R.soja (R.soy) + <i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶	29,5	9,9	20,0	72,9	45,4	28,2	8,3	63,4	0,0242
CV (%)		2,66	6,59	12,49	2,59	2,76	3,11	10,20	2,05	14,35

1, unidades formadoras de colônia por grama de matéria natural (1, colon-forming units per gram of natural matter);

2, % da MS (2, % of DM).

Tabela 3 – Cargas fatoriais, comunalidade de cada variável e porcentagem da variância total, correspondente a cada fator, após a rotação pelo método “Varimax”, na análise fatorial

Table 3 – Rotated factor pattern, communality, and total variance percentage, corresponding to each factor, after rotation by the factorial analysis “Varimax” method

Variável Variable	Carga fatorial <i>Rotated factor pattern</i>			Comunalidade (%) <i>Communality (%)</i>
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	
	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	
MS (<i>DM</i>)	0,93348	-0,01528	0,30095	96,21
PB (<i>CP</i>)	0,95879	-0,18470	0,10311	96,40
CS (<i>SC</i>)	0,13334	0,92825	0,14898	90,16
DIVMS (<i>IVDMD</i>)	0,91261	0,34998	0,07750	96,13
FDN (<i>NDF</i>)	-0,81707	-0,52234	-0,20181	98,12
FDA (<i>ADF</i>)	-0,90791	-0,30933	-0,24528	98,01
Lig	-0,66406	0,68438	0,04794	91,17
I	0,17735	0,81772	0,09882	70,99
kd _{FDN} (<i>kd_{NDF}</i>)	0,25928	0,19737	0,94342	99,62
% da variância explicada pelos fatores <i>% of variance explained by the factors</i>	58,33	26,60	8,05	92,98

O fator 1 correlacionou-se fortemente, de forma positiva, com as variáveis: MS (0,9335), PB (0,9588) e DIVMS (0,9126). Além disso, foi observada correlação negativa com as variáveis: FDN (-0,8171), FDA (-0,9079) e lignina (-0,66406), indicando que os aumentos nos escores fatoriais para o fator 1 denotam melhora na composição química da forragem, com aumentos nos teores de proteína bruta e na digestibilidade e redução dos carboidratos fibrosos. Portanto, convencionou-se que esse fator refletia a “qualidade nutricional” (Fator QN).

As fortes correlações positivas, do fator 2 (Tabela 3) com as variáveis CS (0,9283), Lignina (0,6844) e com a fração indegradável da FDN (I) (0,8177) indicaram que esse fator está associado a “maturidade fisiológica” (Fator MF) da cana-de-açúcar.

O fator 3, pela sua elevada correlação com as taxas de degradação da FDN (Tabela 3), foi denominado de fator de “velocidade de degradação dos carboidratos fibrosos” (Fator VDCF).

Foram observados escores fatoriais positivos do Fator QN (Tabela 4) somente para as silagens com adição do resíduo da colheita da soja, independente da idade da cana-de-açúcar utilizada para ensilagem.

Tabela 4 – Escores fatoriais para os fatores que descreveram as características: “qualidade nutricional” (QN), “maturidade fisiológica” (MF) e “velocidade de degradação de carboidratos fibrosos” (VDCF)

Table 4 – Factor scores that described the characteristics: “nutritional quality” (NQ), “physiological maturity” (PM), and “fiber carbohydrate degradation velocity” (FCDV)

meses months	Tratamento Treatment	Fator QN NQ Factor	Fator MF PM Factor	Fator VDCF FCDV Factor
11	Controle (Control)	-1,21155	-0,98921	2,31102
	<i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶ ufc ¹	-0,97366	-0,87935	-0,31075
	<i>L. plantarum</i> 1,2 x 10 ⁶ ufc ¹	-0,95539	-0,77072	0,09520
	<i>L. plantarum</i> 1,4 x 10 ⁶ ufc ¹	-0,73188	-0,33303	-1,04379
	Resíduo da colheita da soja (Rsoja) <i>Soy crop residue (Rsoy)</i>	0,95624	-1,23524	0,47363
	Hidróxido de sódio (NaOH) Sodium hydroxide (NaOH)	-0,65881	-0,53929	-1,07544
	Rsoja (Rsoy) + NaOH	1,49543	-1,18988	-0,86137
	Rsoja (Rsoy) + <i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶	1,26289	-1,05760	0,02176
13	Controle (Control)	-0,70395	0,81645	-1,15634
	<i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶ ufc ¹	-0,64842	0,51083	-1,05858
	<i>L. plantarum</i> 1,2 x 10 ⁶ ufc ¹	-0,35051	0,11831	-0,10084
	<i>L. plantarum</i> 1,4 x 10 ⁶ ufc ¹	-0,90181	1,10926	1,64499
	Resíduo da colheita da soja (Rsoja) <i>Soy crop residue (Rsoy)</i>	1,22673	0,40485	0,44194
	Hidróxido de sódio (NaOH) Sodium hydroxide (NaOH)	-0,06341	1,86823	-0,54168
	Rsoja (Rsoy) + NaOH	1,28014	1,18190	0,52997
	Rsoja (Rsoy) + <i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶	0,97794	0,98449	0,63028

1, unidades formadoras de colônia (1, colony-forming units)

Os tratamentos somente com inoculante microbiano apresentaram escores fatoriais negativos e próximos aos escores fatoriais das silagens controle (Figura 1),

mostrando que estes tratamentos não foram eficientes em melhorar a qualidade nutritiva das silagens. O tratamento no qual se adicionou somente o hidróxido, apresentou escores fatoriais superiores ao tratamento controle, mas ainda próximos, demonstrando que este tratamento resultou em pequena melhoria da qualidade nutritiva da silagem, que é evidenciada pelos menores teores de FDN e maiores valores de DIVMS (Tabela 2).

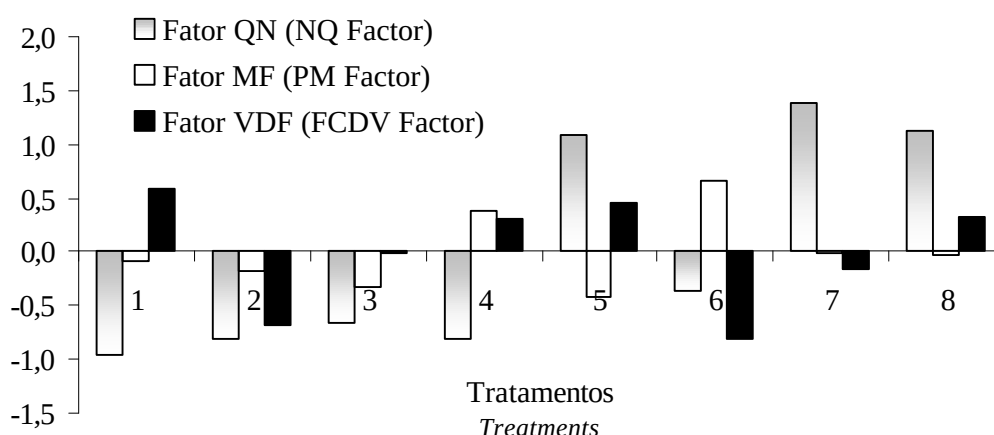


Figura 1 – Comportamento médio (escores fatoriais) dos fatores: “qualidade nutricional” (QN), “maturidade fisiológica” (MF) e “velocidade de degradação dos carboidratos fibrosos” (VDCF), na comparação entre tratamentos: 1 – controle, 2 – *L. plantarum* 10^6 , 3 – *L. plantarum* $1,2 \times 10^6$, 4 – *L. plantarum* $1,4 \times 10^6$, 5 – resíduo, 6 – NaOH, 7 – resíduo + NaOH, 8 – resíduo + *L. plantarum* 10^6 .

Figure 1 – Mean behavior (factor scores) of the factors: “nutritional quality” (NQ), “physiological maturity” (PM), and “fiber carbohydrate degradation velocity” (FCDV), compared the treatments: 1 – control, 2 – *L. plantarum* 10^6 , 3 – *L. plantarum* $1,2 \times 10^6$, 4 – *L. plantarum* $1,4 \times 10^6$, 5 – residue, 6 – NaOH, 7 – residue + NaOH, 8 – residue + *L. plantarum* 10^6 .

A melhoria da qualidade nutritiva das silagens com a adição do resíduo, já era esperada, pois este ingrediente apresenta elevado teor de MS e PB, elevada digestibilidade e baixos teores de FDN e FDA comparados à cana-de-açúcar. No entanto, quando comparados o material original (Tabela 1) e as silagens (Tabela 2), observa-se uma queda de 4,6 a 7,1 pontos percentuais no teor de MS para as silagens de cana-de-açúcar pura ou com os aditivos microbianos, enquanto que, as silagens com

inclusão do resíduo, isoladamente ou em conjunto com os aditivos microbiano ou químico, apresentaram redução de 3,3 a 3,5 pontos percentuais.

Estes valores estão abaixo da variação verificada em trabalhos recentes com silagem de cana-de-açúcar sem a utilização de aditivos, onde foram observadas quedas de 4 a 9 pontos percentuais na MS das silagens em comparação com o material original (Andrade et al., 2001; Coan et al., 2002; Pedroso, 2003).

A redução no teor de MS da silagem controle ficou em torno de 19,5%, estando portanto dentro dos níveis encontrados na literatura, que variaram entre 19 e 31% (Alli et al., 1982; Kung Jr. & Stanley, 1982; Coan et al., 2002).

Ao contrário do que ocorre com silagens de cana-de-açúcar, os teores de MS das silagens de híbridos de sorgo, das silagens de girassol e das silagens de milho são iguais ou superiores ao do respectivo material ensilado (Pesce et al., 2000; Neumann et al., 2002; Rodrigues et al., 2001; Rodrigues et al., 2004). De acordo com Van Soest (1994), o acréscimo no teor de MS ocorre principalmente pela formação e perda de efluentes na fase fermentativa da massa ensilada. No entanto, como no presente trabalho, nas silagens de cana-de-açúcar a perda de efluente é muito pequena ou até inexistente, com isso, a “água metabólica” resultante dos processos de fermentação fica retida no material ensilado, contribuindo, conseqüentemente, para queda no teor de MS da forragem.

Segundo Rotz & Muck (1994), em condições reais, a mudança nos níveis de FDN nas silagens pode variar de -1% a +4% com base na MS, dependendo das perdas por respiração em relação à quantidade de parede celular hidrolisada. Contudo, em silagens bem manejadas, a fração da fibra insolúvel em detergente ácido se altera pouco. Sua concentração, normalmente, aumenta de 2 a 5% na MS, como conseqüência da perda de outros carboidratos. Como o teor de carboidratos solúveis na cana-de-açúcar é muito

superior às forragens tradicionalmente utilizadas para ensilagem e avaliadas por estes autores, pode-se assumir que a concentração dos constituintes da parede celular na MS durante o processo de ensilagem da cana-de-açúcar deve ser maior.

Os acréscimos nos teores de FDN e FDA das silagens estão de acordo com as variações destes componentes verificadas na literatura para silagem de cana-de-açúcar de 13 a 30% e 14 a 44% para FDN e FDA, respectivamente (Alli & Baker, 1982; Coan et al., 2002; Pedroso, 2003). Os menores valores de FDN e FDA verificados para as silagens com adição do resíduo (Tabela 2) se devem, não só, aos menores teores destes componentes no resíduo, como citado anteriormente, mas também, à menor redução nos teores de MS observada para estas silagens.

Os aumento dos escores fatoriais para o fator QN observados para as silagens tratadas com NaOH (Tabela 4 e Figura 1) se devem aos menores teores de FDN e FDA e aos maiores valores de DIVMS destes tratamentos (Tabela 2). Estes resultados podem ser explicados pela capacidade do NaOH em romper a estrutura e solubilizar componentes da parede celular (Mattos, 1985). De acordo com Merchen & Bourquin (1994), o tratamento da forragem com substâncias hidrolíticas, como o hidróxido de sódio, resulta em consideráveis alterações na estrutura e composição da parede celular, com solubilização parcial da hemicelulose aumentando a extensão da degradação dos polissacarídeos.

A idade da cana-de-açúcar utilizada para ensilagem teve pouca influência sobre os escores fatoriais do fator QN, com um pequeno aumento dos escores para a idade de 13 meses (Figura 2).

Observou-se aumento dos escores do fator MF (Tabela 4) para cada tratamento com o aumento da idade da cana-de-açúcar. Assim, esse fator seguiu um

comportamento geral crescente que fica bastante evidenciado com a mudança de sinal dos escores de uma idade para outra (Figura 2).

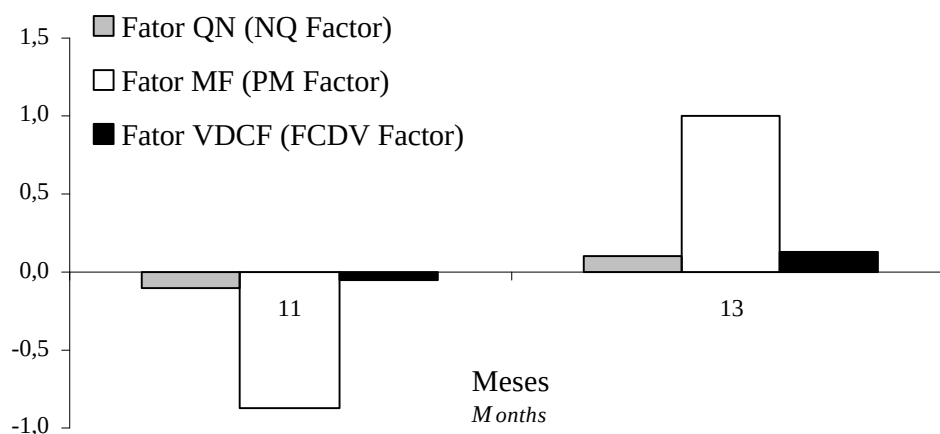


Figura 2 – Comportamento médio (escores fatoriais) dos fatores: “qualidade nutricional” (QN), “maturidade fisiológica” (MF) e “velocidade de degradação dos carboidratos fibrosos” (VDCF), de acordo com a maturidade da cana-de-açúcar.

Figure 2 – Mean behavior (factor scores) of the factors: “nutritional quality” (NQ), “physiological maturity” (PM), and “fiber carbohydrate degradation velocity” (FCDV), according to sugar cane maturity.

O desenvolvimento da forragem envolve a maturação com o avanço da idade fisiológica. A medida que a forragem amadurece, o acúmulo de carboidratos estruturais da parede celular e o processo de lignificação diminuem o seu valor nutritivo. Este mesmo processo ocorre com a parede celular da cana-de-açúcar, no entanto, o que se observa normalmente, é a melhoria na digestibilidade desta forragem com o avanço da idade fisiológica. Esta melhoria é explicada pelo elevado acúmulo de carboidratos solúveis e, conseqüente aumento do valor energético representado pelo conteúdo celular (Van Soest, 1994).

De fato, quando analisados os resultados médios para as variáveis (Tabela 2) que se correlacionaram de forma positiva com o fator MF, foram observados os expressivos aumentos nos teores de carboidratos solúveis para o material ensilado quando a cana-de-açúcar apresentava 13 meses, em relação aos 11 meses. Também foram observados

aumentos nos teores de lignina e, conseqüentemente, da fração indegradável da FDN. A lignina tem sido reconhecida como o principal componente químico que afeta a digestibilidade da parede celular, cujo efeito direto tem sido explicado por diferentes hipóteses, tais como: o seu efeito tóxico aos microrganismos fibrolíticos: pela limitação da ação das enzimas fibrolíticas criada pela hidrofobicidade resultante da deposição dos polímeros de lignina com a maturidade da planta; e, pelo impedimento físico causado pela ligação polissacarídeo-lignina o que limitaria o acesso das enzimas, sendo que destas hipóteses, a mais aceita tem sido a última (Jung & Deetz, 1993).

A fração indegradável da parede celular é muito importante, considerando-se a capacidade limitada de ingestão da fração da FDN pelo animal. Portanto, a produtividade animal depende da sua habilidade não só de consumir, mas também de digerir esta fração (Allen & Mertens, 1988). Assim, a digestibilidade da FDN pode ser considerada um parâmetro importante na avaliação da qualidade das forragens (Oba & Allen, 1999). Contudo, este fator não deve ser considerado isoladamente, principalmente para a cana-de-açúcar, devido ao seu elevado teor de carboidratos solúveis.

Apesar das silagens confeccionadas com a cana-de-açúcar colhida aos 13 meses apresentarem valores mais elevados da fração indegradável da FDN, os valores de digestibilidade observados para estas silagens foram mais altos. Estes resultados podem ser explicados pelos menores teores de FDN, observados para as silagens do segundo período, e conseqüentemente, menores quantidades proporcionais da fração indegradável da FDN e pelos teores de carboidratos solúveis, em média 100% mais altos (Tabela 2), que possuem elevada digestibilidade. Assim, esse tipo de informação deve ser ressaltado evitando-se interpretações equivocadas quanto ao teor da fração indegradável da FDN.

Os escores fatoriais para o fator VDF apresentaram um comportamento bastante variável em relação aos tratamentos (Figura 1) e uma leve tendência de aumento dos seus escores médios da idade de 11 para 13 meses (Figura 2), não sendo possível estabelecer um padrão de comportamento para os escores fatoriais deste fator.

As maiores fontes de variação nos estudos de cinética de digestão são a espécie forrageira e o grau de maturidade. Smith et al. (1972) observaram que, embora as leguminosas tenham maior fração indigestível da FDN, a taxa de digestão da fibra é maior que a das gramíneas ($0,116 \times 0,096 \text{ h}^{-1}$). Buxton & Brasche (1991), observaram redução na taxa de digestão da FDN, celulose e hemicelulose de talos de alfafa com o aumento da maturidade. Buxton (1989) observou que a taxa de digestão de talos de gramíneas maduras foi 44% da taxa observada para as plantas jovens, enquanto que, para leguminosa foi 66%.

No entanto, Azevedo et al. (2003), avaliando a taxa de degradação da FDN de 18 variedades de cana-de-açúcar, em diferentes estádios de maturidade, não observaram variação nas taxas de 14 para 18 meses, que apresentaram médias de $0,031$ e $0,030 \text{ h}^{-1}$, respectivamente, sendo que, as taxas de degradação da FDN das variedades, observadas por estes autores variou de $0,012$ a $0,049 \text{ h}^{-1}$. Isto indica que, provavelmente a variação na taxa de degradação da FDN da cana-de-açúcar é mais correlacionada com a variedade do que com o estágio de maturidade.

Estão apresentados na Tabela 5 os resultados médios para as características: perda de matéria seca (PMS); nitrogênio amoniacal em percentagem do nitrogênio total (NA); as concentrações dos ácidos acético (ACE), propiônico (PROP) e de etanol (ET); e o potencial hidrogeniônico (pH) das silagens de acordo com os diferentes tratamentos.

Tabela 5 – Valores médios para perda de matéria seca (PMS), nitrogênio amoniacal (NA), concentração dos ácidos acético (ACE), propiônico (PROP) e de etanol (ET), e potencial hidrogeniônico (pH) das silagens de cana-de-açúcar

Table 5 – Mean results for dry matter loss (DML), amoniacal-N (AN), acetic acid (ACE), propionic acid (PRO), and ethanol (ET) concentration, and hydrogenionic potential (pH) of sugarcane silages

meses (months)	Tratamento Treatment	PMS (%) DML (%)	NA ² AN ²	ACE ³	PRO ³	ET ³	pH
11	Controle (Control)	21,7	6,8	3,1	1,2	9,9	3,16
	<i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶ ufc/g ¹	27,5	7,0	2,6	1,1	15,6	3,16
	<i>L. plantarum</i> 1,2 x 10 ⁶ ufc/g ¹	29,9	6,3	2,9	1,1	13,9	3,16
	<i>L. plantarum</i> 1,4 x 10 ⁶ ufc/g ¹	28,0	7,4	2,9	1,2	14,2	3,12
	Resíduo da colheita da soja (R.soja) <i>Soy crop residue (R.soy)</i>	16,4	5,3	2,1	0,7	3,7	3,55
	NaOH	29,9	7,4	4,5	1,2	8,4	3,72
	R.soja (R.soy) + NaOH	19,0	4,1	2,1	0,7	6,0	3,83
	R.soja (R.soy) + <i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶	16,7	5,1	1,8	0,7	6,0	3,50
13	Controle (Control)	28,7	9,6	3,8	1,0	15,9	3,59
	<i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶ ufc/g ¹	30,6	9,2	5,5	1,4	18,2	3,58
	<i>L. plantarum</i> 1,2 x 10 ⁶ ufc/g ¹	25,5	11,5	3,3	1,0	14,1	3,52
	<i>L. plantarum</i> 1,4 x 10 ⁶ ufc/g ¹	25,9	8,8	3,4	1,1	14,4	3,45
	Resíduo da colheita da soja (R.soja) <i>Soy crop residue (R.soy)</i>	12,1	4,5	2,0	0,5	3,5	3,82
	NaOH	22,9	13,1	4,2	0,9	10,3	3,83
	R.soja (R.soy) + NaOH	11,9	3,9	2,3	0,4	3,7	3,96
	R.soja (R.soy) + <i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶	14,2	5,2	2,7	0,7	4,6	3,82
CV (%)		11,23	8,43	10,59	11,87	14,49	2,09

1, unidades formadoras de colônia por grama de matéria natural (1, colony-forming units per gram of natural matter);

2, em porcentagem do nitrogênio total (2, percentage of total nitrogen);

3, % da MS (3, % of DM).

De forma semelhante ao encontrado para as variáveis de composição química das silagens, foram observadas elevadas comunalidades para as variáveis de característica de fermentação, valores próximos ou superiores a 90% (Tabela 6).

Tabela 6 – Cargas fatoriais, comunalidade de cada variável e porcentagem da variância total, correspondente a cada fator, após a rotação pelo método “Varimax”, na análise fatorial

Table 6 – Rotated factor pattern, communality, and total variance percentage, corresponding to each factor, after rotation by the factorial analysis “Varimax” method

Variável Variable	Carga fatorial Rotated factor pattern			Comunalidade (%) Communality (%)
	Fator 1 Factor 1	Fator 2 Factor 2	Fator 3 Factor 3	
Perda de MS (DM loss)	0,73380	-0,54525	0,32709	94,27
Nitrogênio amoniacal (amoniacal-N)	0,37098	-0,07615	0,91745	98,51
ACE	0,89313	0,08182	0,41322	97,51
PROP	0,76300	-0,55969	0,26800	96,72
ET	0,66309	-0,56722	0,49069	89,10
PH	0,06909	0,98296	-0,00716	97,10
% da variância explicada pelos fatores % of variance explained by the factors	69,97	19,36	6,20	95,54

O fator 1 correlacionou-se positivamente e de maneira mais pronunciada com as variáveis perda de MS e com as concentrações de ácido acético (ACE), de ácido propiônico (PROP) e de etanol (ET) (Tabela 6), portanto convencionou-se que este fator representaria o fator “perdas e fermentação secundária” (fator PFS).

O fator 2, apresentou elevada correlação positiva com o pH (Tabela 6), indicando que este representaria o fator “potencial hidrogeniônico” (PH).

Quanto ao fator 3, pela sua elevada correlação com a concentração de nitrogênio amoniacal das silagens (Tabela 6), foi denominado fator “degradação protéica” (DP).

Os tratamentos sem a inclusão do resíduo da colheita da soja apresentaram escores fatoriais mais elevados do fator PFS (Tabela 7) nas duas épocas avaliadas. Quando contrastados os tratamentos entre as duas idades, pode-se observar as diferenças pronunciadas entre os tratamentos com adição do resíduo e os tratamentos sem resíduo,

além da mudança de sinal dos escores do fator PFS quando contrastados estes tratamentos (Figura 3). Na Figura 3, pode-se observar que o tratamento somente com adição do resíduo apresentou superioridade para o fator PFS em relação aos outros tratamentos. De fato, quando analisados os resultados médios para essa variável (Tabela 5), foram percebidas suas inferiores: perda de MS, concentrações dos ácidos acético e propiônico e de etanol.

Tabela 7 – Escores fatoriais para os fatores que descreveram as características: “perdas e fermentação secundária” (PFS), “potencial hidrogeniônico” (PH) e “degradação protéica” (DP)

Table 7 – Factor scores that describe the characteristics: “losses and secondary fermentation” (LSF), “hydrogen potential” (PH), and “protein degradation” (PD)

meses (months)	Tratamento Treatment	Fator PFS LSF Factor	Fator PH PH Factor	Fator DP PD Factor
11	Controle (Control)	0,00199	-1,01951	-0,48528
	<i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶ ufc ¹	-0,27944	-1,59122	-0,01689
	<i>L. plantarum</i> 1,2 x 10 ⁶ ufc ¹	0,25500	-1,43229	-0,54996
	<i>L. plantarum</i> 1,4 x 10 ⁶ ufc ¹	0,03270	-1,56287	-0,07951
	Resíduo da colheita da soja (R.soja) <i>Soy crop residue (R.soy)</i>	-0,89358	0,12019	-0,57695
	NaOH	2,06620	0,80333	-0,89505
	R.soja (R.soy) + NaOH	-0,25468	0,64814	-1,04284
	R.soja (R.soy) + <i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶	-1,25716	-0,24513	-0,37278
13	Controle (Control)	0,54301	0,00590	0,93912
	<i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶ ufc ¹	2,40319	0,33387	0,02208
	<i>L. plantarum</i> 1,2 x 10 ⁶ ufc ¹	0,47988	-0,23323	1,90345
	<i>L. plantarum</i> 1,4 x 10 ⁶ ufc ¹	0,15849	-0,43738	0,61727
	Resíduo da colheita da soja (R.soja) <i>Soy crop residue (R.soy)</i>	-1,08693	0,95316	-0,52046
	NaOH	-0,14462	1,21484	2,43249
	R.soja (R.soy) + NaOH	-0,68797	1,40945	-0,82383
	R.soja (R.soy) + <i>L. plantarum</i> 1,0 x 10 ⁶	-0,37630	1,03273	-0,58464

1, unidades formadoras de colônia
(1, colony-forming units).

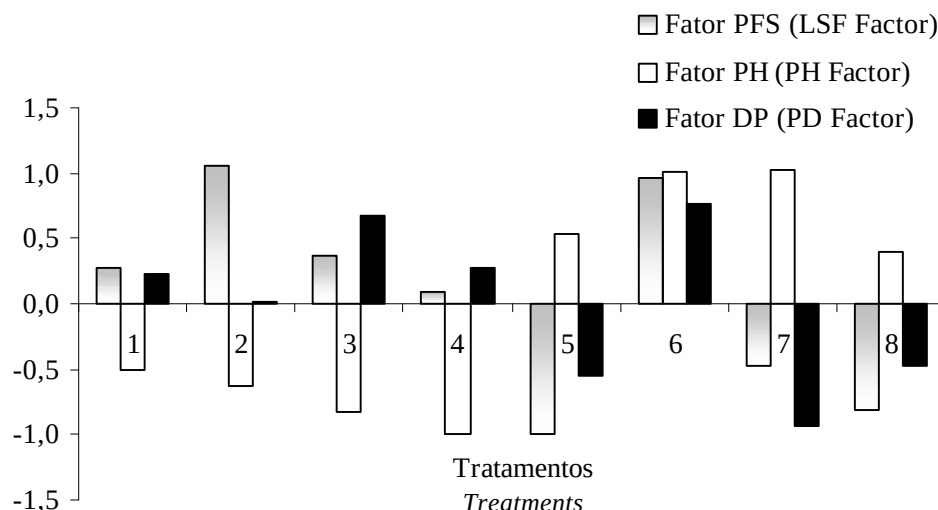


Figura 3 - Comportamento médio (escores fatoriais) dos fatores: “perdas e fermentação secundária” (PFS), “potencial hidrogeniônico” (PH) e “degradação protéica” (DP), quando comparados os tratamentos: 1 – controle, 2 – *L. plantarum* 10^6 , 3 – *L. plantarum* $1,2 \times 10^6$, 4 – *L. plantarum* $1,4 \times 10^6$, 5 – resíduo, 6 – NaOH, 7 – resíduo + NaOH, 8 – resíduo + *L. plantarum* 10^6 .

Figure 3 - Mean behavior (factor scores) of the factors: “losses and secondary fermentation” (LSF), “hydrogen potential” (PH), and “protein degradation” (PD), when compared the treatments: 1 – control, 2 – *L. plantarum* 10^6 , 3 – *L. plantarum* $1,2 \times 10^6$, 4 – *L. plantarum* $1,4 \times 10^6$, 5 – residue, 6 – NaOH, 7 – residue + NaOH, 8 – residue + *L. plantarum* 10^6 .

De acordo com McDonald et al. (1991), silagens bem preservadas devem apresentar perdas de MS por oxidação, durante o enchimento do silo, e por fermentação entre 2 e 4%, mas citam uma média de perdas totais de MS, de 19,4% observadas na literatura. As perdas de MS das silagens neste experimento atingiram valores bastante elevados, com perdas de até 30,6% de MS para o tratamento com inoculante microbiano. Pedroso (2003), avaliando a dinâmica da produção de etanol e das perdas durante a ensilagem da cana-de-açúcar sem aditivos, constatou correlação positiva entre o teor de etanol e as perdas de MS total e na forma de gases ($r = 0,893$ e $0,903$, respectivamente) e correlação negativa entre o teor de etanol e o teor de CS residuais na silagem ($r = -0,863$), corroborando com a afirmação de McDonald et al. (1991), de que a produção de etanol é acompanhada de acentuada perda de MS dos substratos na forma de CO_2 e H_2O .

De fato, neste experimento, pôde ser observado (Tabela 5) que o aumento nas concentrações de etanol nas silagens foi acompanhado de proporcional aumento nas perdas de matéria seca. Exceção foi observada para o comportamento geral da silagem tratada com NaOH, onde apesar da menor concentração de etanol nas silagens, foi observada elevada perda de MS. Entretanto, nestas silagens foi observada maior concentração do ácido acético que em sua via de fermentação leva à produção de uma molécula de CO₂ para cada molécula de acetato produzido, aumentando conseqüentemente a perda de MS.

As perdas de MS e o teor de etanol das silagens controle e dos tratamentos com inoculante microbiano foram semelhantes aos observados por Kung, Jr. & Stanley (1982) que obtiveram valores de 29% de perdas de MS e teor de etanol de 13,7%, para cana-de-açúcar ensilada aos 15 meses de crescimento e conservada durante 60 dias.

O maior escore fatorial (fator PFS) da silagem inoculada com *L. plantarum*, quando contrastado com as demais silagens (Figura 3), está associado principalmente as maiores perdas de MS e produção de etanol. Higginbotham et al. (1998), avaliando a aplicação de inoculante contendo *L. plantarum* ($1,5 \times 10^4$ ufc/t MN) e *P. cerevisiae* (3×10^5 ufc/g) em silagem de milho, constataram que a silagem inoculada apresentou teor de etanol duas vezes superior ao do controle. Pedroso (2003), estudando a influência de aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar, observou que a silagem tratada com o inoculante contendo *L. plantarum* (1×10^6 ufc/g) apresentou a maior perda de MS e concentração de etanol em relação aos outros tratamentos.

Tais resultados sugerem que a adição de inoculante contendo *L. plantarum* não é capaz de controlar o desenvolvimento das leveduras, confirmando a informação de McDonald et al. (1991) de que apenas o abaixamento do pH não é suficiente para impedir o desenvolvimento destes microrganismos. Também está de acordo com o

obtido em outros trabalhos, onde ficou demonstrado que a aplicação de inoculantes contendo *L. plantarum* é incapaz de reduzir a população de leveduras em silagens (Bolsen et al., 1992; Ranjit & Kung Jr., 2000).

Observou-se aumento dos escores fatoriais do fator pH (Tabela 7) para cada tratamento com o aumento do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar utilizada para ensilagem. Este aumento dos escores do fator pH de uma idade para outra fica bastante evidente na Figura 4.

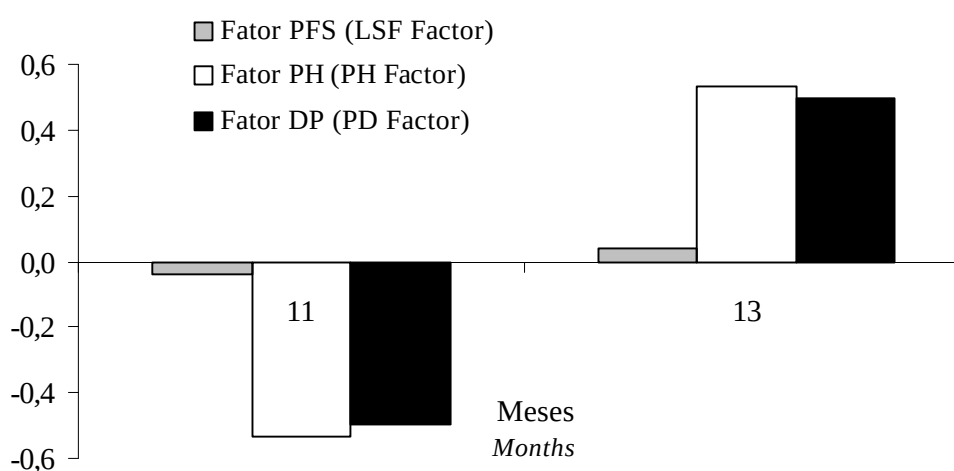


Figura 4 - Comportamento médio (escores fatoriais) dos fatores: “perdas e fermentação secundária” (PFS), “potencial hidrogeniônico” (PH) e “degradação protéica” (DP), de acordo com a maturidade da cana-de-açúcar.

Figura 4 - Mean behavior (factor scores) of the factors: “losses and secondary fermentation” (LSF), “hydrogen potential” (PH), and “protein degradation” (PD), according to sugar cane maturity.

Avaliando as médias dos escores fatoriais dos tratamentos entre as duas idades (Figura 3) observou-se escores negativos com redução dos escores fatoriais com o aumento gradativo das doses do inoculante microbiano e escores positivos para os tratamentos com resíduo e com NaOH indicando aumento no pH final destas silagens.

Geralmente, somente o baixo pH final não garante que a atividade dos microrganismos indesejáveis, como os clostrídios e as enterobactérias, seja prevenida durante o processo de fermentação. Para que isso ocorra, é necessário que a redução do pH seja rapidamente atingida. Quando se trabalha com forragens com altos teores de

açúcares e baixos teores de proteína a estabilidade do pH ocorre normalmente antes do décimo dia de ensilagem (McDonald et al., 1991). Em silagens de cana-de-açúcar o pH atingiu valores inferiores a 4,0 no terceiro dia de ensilagem conforme trabalho de Pedroso (2003).

Mesmo no tratamento com a combinação do resíduo com o NaOH, onde foi observado o maior escore fatorial para o fator pH (Figura 3), este resultou em silagem com pH dentro de um patamar adequado à conservação (Tabela 5), uma vez que de acordo com McDonald et al. (1991), silagens de boa qualidade podem apresentar pH variando de 3,6 a 4,2.

Quanto ao fator DP, observou-se escores fatoriais mais baixos para os tratamentos com adição do resíduo (Tabela 7 e Figura 3). Tal comportamento refletiu os menores teores de nitrogênio amoniacal verificados para estas silagens (Tabela 5). Quando comparadas as duas idades foi observado um aumento pronunciado dos escores fatoriais para o fator DP de 11 para 13 meses (Figura 4).

Os escores fatoriais (fator DP) mais elevados para cana ensilada aos 13 meses podem estar relacionados com o princípio da preservação da forragem na forma de silagem, baseado no processo de conservação em ácido, em que o decréscimo do pH leva à redução da atividade proteolítica, mediada por enzimas da própria planta (Muck & Bolsen, 1991) uma vez que, os escores fatoriais (fator PH) também foram bem superiores para cana ensilada aos 13 meses. No entanto, os valores de nitrogênio amoniacal verificados para as silagens de cana-de-açúcar ensilada aos 11 meses estiveram todos abaixo de 10% e abaixo de 15% para cana ensilada aos 13 meses, indicando que o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva da proteína em amônia e os aminoácidos constituem a maior parte do nitrogênio não-protéico (Van

Soest, 1994). De acordo com Mahanna (1993), para obtenção de silagens estáveis de gramíneas ou leguminosas o teor de nitrogênio amoniacal deve situar-se abaixo de 15%.

Conclusões

O resíduo da colheita da soja adicionado à cana-de-açúcar, mostrou-se capaz de melhorar a qualidade nutritiva e reduzir as perdas de matéria seca e a produção de etanol das silagens.

O hidróxido de sódio adicionado exerceu influencia no sentido de reduzir a produção de etanol, mas não foi capaz de reduzir as perdas de matéria seca das silagens. Da mesma forma, o inoculante microbiano contendo *L. plantarum* não foi capaz de reduzir as perdas de matéria seca e a produção de etanol, não contribuindo assim para melhorar a qualidade nutritiva da silagem.

Literatura Citada

- ALCÂNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT R. et al. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminant Kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.323-331, 1989.
- ALLEN, M.S.; MERTENS, D.R. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. **Journal of Nutrition**, v.118, p.261-270, 1988.
- ALLI, I.; BAKER, B.E. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.7, p.411-417, 1982.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, p.291-299, 1983.
- ANDRADE, J.B.; JÚNIOR, E.F.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1169-1174, 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed., Arlington, Virginia., 1990. 1117p.
- AZEVEDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.

- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- BUXTON, D.R.; BRASCHE, M.R. Digestibility of structural carbohydrates in cool-season grass and legume forages. **Crop Science**, v.31, p.1338-1345, 1991.
- BUXTON, D.R. *In vitro* digestion kinetics of temperate perennial forage legume and grass stems. **Crop Science**, v.29, p.213-219, 1989.
- CARVALHO, G.J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1992. 63p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1992.
- COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F. et al. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Pernambuco: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.
- HIGGINBOTHAM, G.E.; MUELLER, S.C.; BOLSEN, K.K. et al. Effects of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.25, p.2185-2192, 1998.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4.ed., USA, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1998. 816p.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al. (Eds) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: USDA, 1993. P.315-346.
- KUNG Jr., L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, v.54, p.689-696, 1982.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MAHANNA, B. Troubleshooting silage problems. In: STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 4, 1993, Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin, 1993. p.1-21.
- MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H.P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5, 1993, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: FEALQ, 1993. p.17-35.
- MATTOS, W.R.S. Utilização de bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: **Utilização de resíduos agro-industriais da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes**. Piracicaba. FEALQ, 1985, 72p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Marlow: Chalcomb Publ., 1991. 340p.
- McDOUGAL, E.I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, 43(1):99-109, 1949.

- MERCHEN, N.R.; BOURQUIN, L.D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.564-612.
- MUCK, R.E.; BOLSEN, K.K. Silage preservation and additive products. **Field guide and silage management in North America**, 1991. p.105-126.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. et al. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.293-301, 2002. (suplemento)
- NUSSIO, L.G.; SCHIMDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA – SUSTENTABILIDADE. 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. p.49-74.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.3, p.589-596, 1999.
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2003. 120p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 2003.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.
- PESCE, D.M.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. Porcentagem, perda e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.3, p.250-255, 2000.
- RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.526-535, 2000.
- RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD-ROM.
- RODRIGUES, P.H.M.; ALMEIDA, T.F.; MELOTTI, L. et al. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e sobre a fermentação da silagem de girassol produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.2169-2175, 2001. (suplemento)
- RODRIGUES, P.H.M.; RUZANTE, J.M.; SENATORE, A.L. et al. Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.538-545, 2004.

- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.828-868.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ. 165p. 2002.
- SILVA, S.A.R. **Avaliação da eficiência fermentativa da cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos**. Goiânia, GO: Escola de Veterinária, 2003. 44p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária/Universidade Federal de Goiás, 2003.
- SMITH, L.W.; GOERING, H.K.; GORDON, C.H. Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.1140-1147, 1972.
- VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; ARCARO, J.R.P. et al. Avaliação da cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.32, n.4, p.224-228, 1995.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

Avaliação da Qualidade Nutricional da Silagem de Cana-de-Açúcar Com Aditivos Microbianos e Enriquecida Com Resíduo da Colheita da Soja

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar as características fermentativas e a qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivos microbianos e enriquecida de 10% de resíduo da colheita da soja, com base no peso verde da cana. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, em delineamento inteiramente ao acaso com três repetições, sendo utilizada a variedade RB855536, colhida em soca aos 16 meses.. Embora a adição do resíduo da colheita da soja tenha levado a um aumento do pH final da silagem, os tratamentos com resíduo reduziram em 33% as perdas de matéria seca das silagens e em 60% o teor de N-amoniaco em relação ao nitrogênio total. A adição dos inoculantes diminuiu o pH da silagem quando adicionado em associação com o resíduo de soja, não exercendo efeito significativo sobre os outros parâmetros. Em todos os tratamentos, as silagens apresentaram maiores concentrações dos componentes da fibra e redução nos teores de MS em relação ao material original, antes da ensilagem. Os tratamentos com resíduo apresentaram valores de DIVMS superiores aos outros tratamentos. Quando comparado com o material utilizado para ensilagem, a queda na digestibilidade foi superior para os tratamentos sem o resíduo (24,3% vs. 9,3%). A associação do resíduo da colheita da soja à cana-de-açúcar para ensilagem resultou em melhor qualidade nutritiva com menores perdas de MS e CS, principalmente na forma de gases, e conseqüentemente, menor acúmulo dos componentes da parede celular e perda na DIVMS da forragem. Não é possível recomendar a utilização dos inoculantes *L. plantarum* e *L. buchneri*, na ensilagem da cana-de-açúcar, uma vez que nenhuma melhoria foi observada sobre a composição química ou perfil de fermentação das silagens.

Palavras-chave: ensilagem, fibra, parâmetros fermentativos, perdas de matéria seca

Evaluation of Sugarcane Silage Nutritional Quality Treated With Microbial Additives and Enriched With Soy Crop Residue

ABSTRACT: The objective of the experiment was to evaluate the influence of *L. plantarum* 1×10^6 ufc g^{-1} , *L. buchneri* 5×10^4 ufc g^{-1} , residue (10%), and residue in combination with the two inoculantes on the nutritional quality, DM loss, and fermentation parameters. The variety RB855536 harvested at 15 months of age was used. The experiment was conducted at the Universidade Federal de Viçosa Animal Science Department, Viçosa, MG, in a completely randomized arrangement with three repetitions. Although, the addition of the soy crop residue resulted in an increase in final silage pH, the treatments with the residue reduced in 33% silages DM losses and in 60% the level of amoniacal-N in relation to total nitrogen. The use of the inoculantes reduced silage pH when added in association with the soy crop residue, not having a significant effect on the other parameters. Silages presented higher concentrations of fiber components and reduction on DM levels in relation to the original material, before ensiling, in all treatments. The treatments with the residue presented higher ($P < 0.05$) IVDMD than the other treatments. When compared with the material used for ensiling, the decrease in digestibility was higher for the treatments without the residue (24,3% vs. 9,3%). The combination of the soy crop residue with sugarcane for ensiling presented better nutritional quality and lower DM and SC losses, mainly in the form of gases, and consequently, less accumulation of the cell wall components and loss in forage IVDMD. It is not possible to recommend the utilization of the inoculantes *L. plantarum* and *L. buchneri*, in sugarcane ensiling, because no improvement was observed on silages chemical composition or fermentation profile.

Introdução

Dentre as alternativas para minimizar a nutrição inadequada dos ruminantes, a cana-de-açúcar destaca-se entre as gramíneas tropicais utilizadas como forragem. A facilidade de seu cultivo, a execução da colheita justamente nas épocas de estiagem e o seu alto potencial de produção de matéria seca e energia por unidade de área, tornaram-na um alimento de grande interesse dos produtores.

A conservação da cana-de-açúcar é, normalmente, realizada no próprio canavial, sendo cortada diariamente de acordo com as necessidades do rebanho. Entretanto, esta prática de manejo torna-se limitante na utilização em larga escala pela sua dificuldade operacional. Esta limitação tem sido contornada pela adoção da ensilagem, concentrando a mão-de-obra, reduzindo o trabalho e os deslocamentos diários de máquinas na propriedade.

O processo de ensilagem é extremamente complexo em razão de vários fatores inter-relacionados, como espécies vegetais utilizadas e as características físico-químicas da forragem; há variação entre espécies quanto à flora epífita, às condições climáticas, à condução das operações de ensilagem, à extensão do período de conservação e ao manejo do fornecimento da silagem após a abertura do silo.

A cana-de-açúcar também pode ser ensilada como outras forrageiras, pois contém todos os principais requisitos necessários para o processo de produção de silagem: teor de matéria seca em torno de 25 a 30% (sendo o ideal próximo a 34%); o teor de carboidratos solúveis atinge níveis próximos a 10% da matéria natural, e o poder tampão permite a queda do pH para valores próximos de 3,5. Por outro lado, o alto teor de carboidratos solúveis que resultam em rápida proliferação de leveduras com produção de etanol e gás carbônico torna-se um inconveniente (Valvasori et al., 1995).

Têm-se demonstrado que a ensilagem da cana-de-açúcar isolada leva a uma redução acentuada no seu valor nutritivo (Kung Jr. & Stanley 1982; Andrade et al., 2001). Essa elevada redução no valor nutritivo da cana é atribuída à rápida fermentação dos açúcares solúveis a álcool etílico pelas leveduras, uma rota de fermentação ineficiente. Portanto, para melhorar a eficiência do processo de ensilagem da cana-de-açúcar, a utilização de aditivos torna-se uma alternativa importante.

No caso da silagem de cana-de-açúcar, o principal problema a ser resolvido diz respeito às perdas decorrentes da elevada produção de álcool etílico e gás carbônico pelas leveduras. De acordo com Woolford (1984), os principais fatores que possibilitam o rápido desenvolvimento de leveduras nas silagens de cana são os baixos teores de matéria seca (20 a 30%) e a elevada concentração de açúcares solúveis.

Andrade et al. (2001) observaram redução na produção de etanol à medida que níveis mais altos de rolão-de-milho foram aplicados na ensilagem da cana-de-açúcar, mostrando que o aumento do teor de matéria seca inibe a produção de etanol. Foi observada redução na produção de etanol de 99% com o aumento do teor de matéria seca de 20,9 para 27,7%. Além disso, dependendo da qualidade nutricional do material utilizado como aditivo absorvente pode-se melhorar, não só o padrão de fermentação, como também o valor nutritivo da silagem.

Evangelista et al. (2002) concluíram que a adição de farelo de soja na ensilagem da cana-de-açúcar proporcionou melhora significativa nas características nutricionais da silagem. A decisão pelo tipo de material absorvente vai depender não somente dos seus efeitos positivos, mas também, da sua viabilidade econômica.

Dentro deste contexto, o resíduo da colheita da soja surge como uma alternativa interessante. Este resíduo é constituído de grãos, pequenos e quebrados, vagens, hastes e

folhas, sendo que os grãos de soja contribuem com, aproximadamente, 50% da sua composição, o que lhe confere um elevado valor nutritivo.

Por outro lado, em estudos recentes, têm-se demonstrado que a adição de inoculantes contendo *Lactobacillus buchneri* melhora a estabilidade aeróbica de várias forragens, através da redução do crescimento e da sobrevivência de leveduras durante a fase anaeróbica e após a exposição ao ar (Driehuis et al., 1999; 2001; Weinberg et al., 1999). A degradação anaeróbica do ácido láctico a ácido acético e 1,2-propanodiol é um importante princípio deste efeito (Oude Elferink et al., 2001).

Considerando estes fatos, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar o efeito de aditivos microbianos com bactérias heterofermentativas ou homofermentativas e da adição do resíduo de colheita da soja em silagem de cana-de-açúcar sobre as características fermentativas e a qualidade nutricional.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, onde foram coletadas e armazenadas as amostras. A variedade de cana-de-açúcar utilizada (RB855536) foi fornecida pelo Departamento de Fitotecnia, a qual foi colhida nas dependências da UFV.

O município de Viçosa situa-se na Zona da Mata Mineira, com altitude média de 650 m. O tipo climático é Cwa, segundo classificação de Köppen. A umidade relativa média do ar é de 64,7% e a precipitação pluviométrica média anual é de 1431 mm, dos quais 85% ocorrem entre outubro e março. As médias das temperaturas máximas e mínimas são, respectivamente, 26,1 e 14,0°C (Serviço de Meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV).

O corte foi realizado no mês de outubro de 2003 quando as plantas apresentavam 16 meses, sendo realizada uma desfolha para retirada das folhas secas, como é normalmente feito quando se fornece essa forrageira aos animais.

O resíduo da colheita da soja foi adicionado à cana-de-açúcar recém picada, ao nível de 10% da matéria natural. Os inoculantes microbianos utilizados foram o *Lactobacillus plantarum* na dose de $1,0 \times 10^6$ ufc/g de MN e o *Lactobacillus buchneri*, na dose de $5,0 \times 10^4$ ufc/g MN. Foram avaliados seis tratamentos: 1 – controle; 2 – *L. plantarum*; 3 – *L. buchneri*; 4 – *L. plantarum* + resíduo; 5 – *L. buchneri* + resíduo; 6 - resíduo.

A cana-de-açúcar foi colhida por corte manual e desintegrada em ensiladora estacionária regulada para cortar a forragem em pedaços de aproximadamente 2 cm de comprimento. Após a ensilagem, os silos experimentais foram transportados para o Setor de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, onde permaneceram em local coberto, sob temperatura ambiente, até o momento da abertura.

Foram utilizados silos experimentais feitos com canos de PVC com 0,75 m de altura e 0,25 m de diâmetro, dispostos em bancadas de madeira. Na parte inferior dos silos foi inserido um cano de PVC de ½” de diâmetro, fechado com tampa rosqueável, para escoamento e coleta do efluente produzido. Em cada silo foram colocados 10 kg da mistura fresca até a altura de 37 cm, de modo a obter a densidade de 550 kg/m^3 . A compactação foi realizada manualmente com êmbolo de madeira e o fechamento com tampas de madeira lacradas com fita adesiva e sacos plásticos.

Para avaliação das perdas, os silos experimentais foram pesados momentos antes da ensilagem, logo após e ao final do período de armazenamento, para que fosse possível o cálculo do peso líquido da forragem contida em cada silo, no início e no final do experimento.

Após 45 dias de armazenamento, os silos foram abertos, sendo todo seu conteúdo retirado e colocado sobre uma lona plástica para homogeneização. Após esse procedimento foram retiradas amostras de cada unidade experimental. Uma amostra foi utilizada para extração do suco pela utilização de prensa hidráulica. No suco das silagens, que foi mantido congelado em “freezer”, foram determinados os teores dos ácidos acético, propiônico, butírico e láctico, bem como a concentração de álcool etílico. Foi determinada também a porcentagem de nitrogênio amoniacal (N-NH_3), expressa como porcentagem do nitrogênio total e o pH da silagem (Bolsen et al., 1992).

Uma segunda amostra foi pesada e acondicionada em sacos de papel e colocada em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 72 horas. Em seguida, as amostras foram retiradas da estufa e deixadas à temperatura ambiente por uma hora e pesadas para determinação da matéria pré-seca. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo “Willey”, adaptado com peneira com malha de 1 mm, sendo guardadas em vidros com tampa, para posteriores análises.

Foram determinados os valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos solúveis (CS), lignina, celulose e DIVMS, segundo Silva & Queiroz (2002); nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo técnica descrita por Licitra et al. (1996). As concentrações de ácido láctico, ácidos graxos voláteis e álcool etílico foram determinadas por cromatografia líquida de alta performance (HPLC). O equipamento é constituído por uma bomba de HPLC, uma coluna de resina de troca catiônica, um termostato de coluna e um detector de índice de refração. A fase móvel utilizada foi o H_2SO_4 ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$) a uma taxa de fluxo de 0,6 mL por minuto a 40°C (AOAC, 1990).

As taxas de digestão da FDN foram estimadas pela técnica de produção cumulativa de gases. O peso de aproximadamente 100 mg de amostras da fibra insolúvel em detergente neutro, moídas em peneiras com crivos de um milímetro foram incubadas em triplicata, em frascos de vidro de 50 mL contendo 8 mL da solução tampão de McDougall (McDougall, 1949) previamente reduzida com CO₂ (pH 6,9-7,0) e 2 mL de inoculo ruminal, proveniente de dois bovinos fistulados no rúmen. Imediatamente após, os frascos receberam tampa de borracha e lacre de alumínio e permaneceram em mesa de agitação orbital (44 rpm) numa sala climatizada, mantida a 39⁰C. As leituras de pressão foram realizadas por meio de um sensor de pressão acoplado a um voltímetro, nos seguintes tempos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 96 e 120 horas (Maurício et al., 1999). As leituras realizadas em volts foram convertidas para mL conforme Pell & Scjpfeld (1993). A cinética da produção cumulativa dos gases foi analisada empregando-se o modelo de regressão não-linear de Brody:

$$V(t) = Vf[1 - b^{(-c*t)}].$$

Neste modelo $V(t)$ é o volume acumulado (mL) no tempo “ t ”; Vf , o volume total de gás produzido (mL); c , a taxa específica de produção de gás; b , parâmetro de forma, sem interpretação biológica; e t , o tempo de incubação.

O isolamento e a contagem dos microrganismos foram realizados utilizando-se “plaqueamento” em meio seletivo, segundo método descrito por Lin et al. (1992). Amostras de 50 gramas da forragem e das silagens foram pesadas em recipientes esterilizados contendo 450 mL de fosfato de potássio dibásico 0,7 mM (tampão, pH 7,0) e homogeneizadas por 60 s em um agitador de laboratório (Stomacher 400). Da solução obtida foram feitas diluições em série (10^{-1} a 10^{-9}), usando-se tubos de ensaio com tampa rosqueada contendo a solução tamponada, sendo os microrganismos isolados

posteriormente com o uso dos respectivos meios de cultura seletivos, seguindo-se os seguintes protocolos:

Leveduras: Malt ágar (Difco) com adição de ampicilina (200 µg/mL) e tetraciclina (200 µg/mL) para inibição do crescimento de bactérias. A contagem foi realizada após dois dias de incubação a 25°C.

O delineamento experimental foi de dados inteiramente ao acaso, com três repetições. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAEG, versão 9.0 e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Resultados e discussão

A composição química da cana-de-açúcar e do resíduo da colheita da soja utilizados no experimento encontram-se na Tabela 1. A análise dos dados da Tabela 1 mostra que os teores de MS e PB da cana-de-açúcar utilizada para a ensilagem estão dentro da média dos valores encontrados por Coan et al. (2002) de 27,4% de MS e 2,0% de PB e de 28,3% de MS e 2,3% de PB relatados por Molina et al. (2002). Já o teor de carboidratos solúveis foi bem superior aos valores observados por Bernardes et al. (2002) e Pedroso (2003) de 17,8% e 24%, respectivamente. Nos trabalhos de Alli et al. (1982) e Campos et al. (2001) foram observados valores de carboidratos solúveis de 52 e 46,9% da MS, respectivamente, um pouco mais próximos ao encontrado para cana-de-açúcar neste trabalho.

Tabela 1 – Composição química da cana-de-açúcar e do resíduo da colheita da soja (resíduo) utilizados na ensilagem.

Table 1 – Chemical composition of the sugar cane and the soy crop residue (residue) used for ensiling

Variáveis <i>Variables</i>	Cana-de-açúcar <i>Sugar cane</i>	Resíduo <i>Residue</i>
Matéria seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	28,6	85,1
Proteína bruta (% MS) <i>Crude protein (% DM)</i>	2,6	33,3
Carboidratos solúveis (% MS) <i>Soluble carbohydrate (% DM)</i>	59,9	9,6
FDN (% MS) <i>NDF (% DM)</i>	36,2	32,8
FDA (% MS) <i>ADF (% DM)</i>	23,6	22,6
Lignina (% FDN) <i>Lignin (% NDF)</i>	15,2	15,1
Hemicelulose (% MS) <i>Hemicelulose (% DM)</i>	12,6	10,2
DIVMS (%) <i>IVDMD (%)</i>	77,5	83,9

Os componentes da fibra da cana-de-açúcar (Tabela 1) apresentaram teores baixos de FDN (36,2%), FDA (23,6%) e hemicelulose (12,6%) e teor de lignina (15,2% da FDN) elevado, em relação aos valores encontrados em estudos recentes realizados por Azevêdo et al. (2003) e Fernandes et al. (2003). Estes autores avaliaram 15 variedades industriais com 16 meses de idade e encontraram valores médios de 48,8 e 48,5% para FDN, 28,9 e 29,3% para FDA, 19,9 e 19,2% para hemicelulose e 13,0 e 12,8% para lignina em relação a FDN.

A adição do resíduo da colheita da soja à cana-de-açúcar aumentou a matéria seca total em 16% (4,6 unidades percentuais), 15,4% (4,4 unidades percentuais) e 19,9% (5,7 unidades percentuais) para os tratamentos *L. plantarum* + resíduo, *L. buchneri* + resíduo e resíduo, respectivamente, em relação ao grupo controle.

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios observados para composição química do material original e das silagens de cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos. Os teores de MS da cana-de-açúcar pura e com a inclusão dos aditivos

ficaram em níveis bem próximos aos 30% recomendados por Silveira (1975) para se obter uma fermentação de boa qualidade.

Tabela 2 – Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e carboidratos solúveis (CS) do material original e das silagens de cana-de-açúcar de acordo com os tratamentos

Table 2 – Mean values of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and soluble carbohydrate (SC) of the original material and sugar cane silage according to treatments

Tratamento Treatment	Material original (original material)				
	MS (%)	% da MS (% of DM)			
	DM (%)	PB (CP)	FDN (NDF)	FDA (ADF)	CS (SC)
Controle (Control)	28,6	2,6	36,2	23,6	59,9
<i>L. plantarum</i>	28,0	2,5	35,9	23,8	59,7
<i>L. buchneri</i>	27,7	2,4	36,0	23,5	59,9
<i>L. plantarum</i> + resíduo <i>L. plantarum</i> + residue	33,2	10,4	35,7	23,3	49,6
<i>L. buchneri</i> + resíduo <i>L. buchneri</i> + residue	33,0	10,3	35,2	23,5	49,4
Resíduo (residue)	34,3	10,2	35,3	23,2	48,9
Tratamento Treatment	Silagem (silage)				
	MS (%)	% da MS (% of DM)			
	DM (%)	PB (CP)	FDN (NDF)	FDA (ADF)	CS (SC)
Controle (Control)	21,4 ^b	3,4 ^b	60,3 ^b	38,7 ^b	6,4 ^b
<i>L. plantarum</i>	20,0 ^b	3,4 ^b	64,5 ^a	42,7 ^a	5,6 ^b
<i>L. buchneri</i>	20,7 ^b	3,3 ^b	64,7 ^a	43,3 ^a	4,8 ^b
<i>L. plantarum</i> + resíduo <i>L. plantarum</i> + residue	28,2 ^a	10,7 ^a	50,4 ^c	32,2 ^c	7,0 ^b
<i>L. buchneri</i> + resíduo <i>L. buchneri</i> + residue	28,1 ^a	11,9 ^a	54,5 ^c	34,8 ^c	6,0 ^b
Resíduo (residue)	28,0 ^a	12,1 ^a	52,5 ^c	34,4 ^c	9,8 ^a
CV (%)	4,1	11,8	3,9	5,1	17,9

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.
Medium followed by different letters in the columns differ ($P < 0.05$), by the Tukey test.

L. plantarum 1×10^6 ufc/g; *L. buchneri* 5×10^4 ufc/g.

Após o processo de ensilagem, o tratamento controle e os tratamentos com a adição dos inoculantes microbianos atingiram níveis muito baixos de MS, em torno de 20,7%. Já os tratamentos com adição do resíduo mantiveram teores de MS em torno de 28,1%, próximos ao valor citado por Silveira (1975) e dentro da faixa de 25 a 35% de MS considerada por Cheeke (1999), como sendo o ideal para obtenção de silagens de boa qualidade.

A adição do resíduo também foi eficiente em elevar o teor de proteína bruta das silagens ($P < 0,05$). Este aumento era esperado tendo em vista o elevado teor protéico do resíduo (33,3%). O valor médio de PB observado para as silagens com adição do resíduo foi de 11,6%, superior ao teor de 6 a 8% citado por Mertens (1994) como sendo o nível mínimo para que este nutriente não seja limitante para fermentação dos carboidratos estruturais pela flora microbiana no rúmen.

Em todos os tratamentos, as silagens apresentaram maiores concentrações dos componentes da fibra e redução nos teores de MS em relação ao material original, antes da ensilagem (Tabela 2). Este mesmo comportamento foi observado em todos os experimentos com silagem de cana-de-açúcar realizados por Pedroso (2003). Segundo Van Soest (1994), a fração fibrosa do material ensilado pode ser acrescida percentualmente em condições de intensa formação de efluentes ocorridas durante o processo fermentativo, onde os componentes solúveis em água são reduzidos proporcionalmente ao aumento na fração menos fermentável insolúvel em água, particularmente os constituintes da parede celular.

De acordo com Pedroso (2003), a maior concentração dos componentes da fibra na MS das silagens se deve à perda de CS na forma de gases durante a fermentação, o que resulta também na produção de água, em consequência, diminuindo o teor de MS da forragem. Tais efeitos estão de acordo com a afirmação de Zago (1991) de que as modificações no processo fermentativo poderiam reduzir o teor de MS, devido à produção da “água de metabolismo”, e, conseqüentemente, aumentar a porcentagem de FDN na MS. O aumento na concentração de PB está dentro da variação de 1 a 2% citada por Rotz & Muck (1994) em decorrência do mesmo processo citado anteriormente.

Como nenhum dos tratamentos apresentou produção de efluentes, pode-se inferir que o aumento na concentração dos constituintes da fração fibrosa e a redução nos teores de MS (Tabela 2) foram causados pela perda de CS na forma de gases e produção da “água de metabolismo”. As perdas de CS (79,9 a 91,9%) foram bem superiores aos valores encontrados por Pedroso (2003) onde foram relatadas perdas de 61% dos CS. No entanto, os valores podem ser considerados semelhantes às perdas de CS relatadas por Alli et al. (1982) e Alli et al. (1983) de 93 a 96%.

A concentração dos constituintes da fibra foi menor e os teores de MS foram maiores ($P < 0,05$) para os tratamentos com inclusão do resíduo, mostrando que estes tratamentos foram eficientes em reduzir a perda de CS nestas silagens. Estes resultados são confirmados pela maior ($P < 0,05$) concentração de CS para o tratamento somente com resíduo (Tabela 2) e pelos menores valores de perda total de MS (Tabela 4) nos tratamentos com resíduo nas silagens ($P < 0,05$).

A aplicação dos inoculantes microbianos em combinação com o resíduo resultou em maior perda de CS ($P < 0,05$), em comparação com o tratamento somente com adição do resíduo. Estes dados indicam que o estímulo à fermentação pode ser prejudicial no caso da ensilagem da cana-de-açúcar, uma vez que aumenta o consumo de carboidratos solúveis e o desenvolvimento das leveduras não é inibido apenas pelo abaixamento do pH das silagens (McDonald et al., 1991).

Na Tabela 3 são apresentadas as taxas de degradação da FDN e a fração indegradável da FDN das silagens. As taxas de degradação da FDN foram bastante próximas, sendo observada superioridade ($P < 0,05$) somente para a silagem tratada com *L. buchneri* isoladamente em relação ao tratamento com *L. plantarum* isoladamente e o tratamento com *L. buchneri* associado ao resíduo.

Tabela 3 – Valores médios das estimativas das taxas de degradação da FDN (kd_{FDN}) e da fração indegradável da FDN (I) das silagens de cana-de-açúcar em função dos diferentes tratamentos

Table 3 – Mean values of NDF degradation rate (kd_{NDF}), and NDF undegradable fraction (I) of sugar cane silages according to different treatments

Tratamento <i>Treatment</i>	$kd_{FDN} (h^{-1})$ $kd_{NDF} (h^{-1})$	$I (%)$
Controle (<i>control</i>)	0,0228 ^{ab}	64,3 ^a
<i>L. plantarum</i>	0,0187 ^b	66,6 ^a
<i>L. buchneri</i>	0,0258 ^a	64,6 ^a
<i>L. plantarum</i> + resíduo	0,0217 ^{ab}	60,6 ^b
<i>L. plantarum</i> + <i>residue</i>		
<i>L. buchneri</i> + resíduo	0,0200 ^{ab}	57,9 ^b
<i>L. buchneri</i> + <i>residue</i>		
Resíduo (<i>residue</i>)	0,0189 ^b	59,8 ^b
CV (%)	9,99	1,81

Não foi possível estabelecer um padrão de comportamento para esta variável em relação aos tratamentos. No entanto, estes valores encontram-se dentro das taxas mencionadas na literatura para cana-de-açúcar, as quais variaram entre 0,018 e 0,039 h^{-1} (Cabral et al., 2000; Pereira et al., 2000; Franzolin & Franzolin, 2000; Campos et al., 2001; Fernandes et al., 2003). Com isso, pode-se inferir que a variação na taxa de degradação da fração de carboidratos fibrosos da cana-de-açúcar é maior entre variedades e estágio de maturidade da planta do que entre os tratamentos avaliados.

O método de conservação (ensilagem), normalmente, tem pouco efeito na composição dos carboidratos estruturais das forragens (Merchen & Bourquin, 1994). E de acordo com Merchen & Satter (1983), a extensão e o local da digestão dos carboidratos fibrosos não diferem significativamente entre fenos e silagens. Portanto, pode-se supor que as taxas de degradação dos carboidratos fibrosos não são alteradas significativamente durante o processo de ensilagem.

Os tratamentos com inclusão do resíduo da colheita da soja apresentaram teores da fração indegradável da FDN inferiores ($P < 0,05$) em relação aos outros tratamentos. Estes valores inferiores provavelmente estão relacionados com os menores teores de

FDA (Tabela 2) observados para as silagens com resíduo, sendo que existe uma correlação positiva entre o teor da fração da fibra insolúvel em detergente ácido com a fração indegradável da fibra (Van Soest, 1994).

A fração indegradável da FDN é um dos fatores que limita a capacidade de ingestão de alimentos pelos ruminantes. Sendo assim, as silagens com maior teor da fração indegradável da FDN pode limitar, em determinado grau, a ingestão e, conseqüentemente, a capacidade deste alimento de fornecer nutrientes para os animais.

Os tratamentos com adição do resíduo apresentaram valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) superiores ($P < 0,05$) aos outros tratamentos (Tabela 4), fato já esperado, uma vez que o resíduo apresentou digestibilidade superior à cana-de-açúcar (Tabela 1). No entanto, o aumento na DIVMS observado foi superior ao esperado, sugerindo que houve mais do que um efeito aditivo. Pode-se inferir que os maiores teores de DIVMS verificados para estes tratamentos ocorreram pela menor perda de CS, e conseqüentemente, menor concentração dos componentes da parede celular e também pela maior disponibilidade de nitrogênio, devido à maior porcentagem de proteína bruta nas silagens com inclusão do resíduo, favorecendo o crescimento microbiano, o que levaria à maior digestibilidade do alimento.

Quando comparado à cana-de-açúcar utilizada no experimento, a queda na digestibilidade foi superior para os tratamentos sem o resíduo (24,3 vs. 9,3%). Os tratamentos com os dois inoculantes não apresentaram diferenças significativas para DIVMS em relação ao tratamento controle ($P > 0,05$), com uma média de 58,7% de DIVMS. Este valor foi superior aos encontrados por Pedroso (2003) para silagens de cana-de-açúcar pura e inoculada com *L. plantarum* e *L. buchneri* que variaram de 41,2 a 48,0% para DIVMS. Os valores de DIVMS das silagens sem o resíduo são considerados bons e podem ser comparados aos valores encontrados por Rodrigues et al. (2002) de

60,8% para silagem de sorgo e de 59% para silagem de capim-elefante cortado aos 70 dias (Rezende et al., 2002).

Tabela 4 – Média dos valores de pH, nitrogênio amoniacal (NA), perda de matéria seca e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens de cana-de-açúcar de acordo com diferentes tratamentos

Table 4 – Mean values of pH, amoniacal-N (AN), dry matter loss (DM loss), and “in vitro” dry matter digestibility (IVDMD) of sugar cane silages according to different treatments

Tratamento <i>Treatment</i>	pH	NA ¹ AN ¹	Perda de MS DM loss	DIVMS IVDMD
			%	
Controle (<i>control</i>)	3,5 ^c	13,3 ^a	31,1 ^a	60,0 ^b
<i>L. plantarum</i>	3,5 ^c	14,3 ^a	35,3 ^a	57,5 ^b
<i>L. buchneri</i>	3,5 ^c	11,6 ^a	33,2 ^a	58,5 ^b
<i>L. plantarum</i> + resíduo <i>L. plantarum</i> + <i>residue</i>	3,8 ^b	5,2 ^b	22,3 ^b	70,8 ^a
<i>L. buchneri</i> + resíduo <i>L. buchneri</i> + <i>residue</i>	3,8 ^b	4,2 ^b	21,7 ^b	70,2 ^a
Resíduo (<i>residue</i>)	3,9 ^a	4,8 ^b	22,4 ^b	69,8 ^a
CV (%)	0,8	23,2	12,2	2,3

1, Em porcentagem do nitrogênio total da amostra (1, *percentage of total nitrogen*);

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si (P<0,05), pelo teste de Tukey;

Means followed by different letters in the columns differ (P<0,05), by the Tukey test;

L. plantarum 1 x 10⁶ ufc/g; *L. buchneri* 5 x 10⁴ ufc/g.

A inclusão do resíduo elevou significativamente (P<0,05) os valores de pH, que variaram de 3,5 para o tratamento controle, a 3,9 para o tratamento somente com resíduo (Tabela 4). Nos tratamentos com o resíduo, os valores de pH ficaram dentro da faixa de 3,8 a 4,2 recomendada por Silveira (1975), para obtenção de silagens de boa qualidade. A utilização dos inoculantes não alterou os valores de pH em relação ao tratamento controle. Entretanto, nos tratamentos com adição do resíduo, os inoculantes reduziram (P<0,05) os valores de pH, que foi de 3,8 para os dois tratamentos com resíduo associados a cada inoculante.

De acordo com Evangelista et al. (2004), somente o baixo pH final não garante que a atividade dos microrganismos indesejáveis, em especial enterobactérias e clostrídeos, seja prevenida durante o processo de fermentação. Para que isso ocorra, é necessário que a redução do pH seja atingida rapidamente. Segundo McDonald et al. (1991), quando se trabalha com forragens com altos teores de açúcares e baixos teores

de proteína, ocorre, normalmente, a estabilidade do pH antes do décimo dia de ensilagem. Pedroso (2003), trabalhando com silagem de cana-de-açúcar, observou que o pH das silagens apresentava valores abaixo de 4,0 no terceiro dia após ensilagem.

O conteúdo de nitrogênio amoniacal (NA) das silagens, expresso como porcentagem do nitrogênio total, é amplamente utilizado na avaliação de silagens. Juntamente com o valor de pH, fornece uma indicação da forma que se processou a fermentação (Evangelista et al., 2004). Quanto à porcentagem de NA, os tratamentos com adição do resíduo apresentaram valores inferiores ($P < 0,05$) em relação aos outros tratamentos da ordem de 60% (Tabela 4). Os tratamentos com utilização do resíduo apresentaram uma média de 4,7% de NA em relação ao nitrogênio total indicando silagem de boa qualidade, pois de acordo com Silveira (1975), silagens com teores de NA abaixo de 8% são consideradas de boa qualidade. Os tratamentos com os dois inoculantes não apresentaram diferenças significativas para produção de NA em relação ao tratamento controle ($P > 0,05$).

Apesar do baixo teor de proteína dos tratamentos sem a adição do resíduo, os valores observados de NA (Tabela 4) são considerados elevados. Segundo Van Soest (1994), valores de NA acima de 10% indicam que o processo de fermentação resultou em quebra excessiva da proteína em amônia. Além disso, os elevados valores de NA, próximos de 15%, pode ser mais um fator contribuindo para diminuir a aceitação da silagem de cana-de-açúcar pelos animais, resultando em baixo consumo. De acordo com Mahanna (1993), a amônia, por si só, pode não ser a causa, mas sim um indicador de outras formas de nitrogênio não-protéico que causam redução no consumo, como o aumento dos níveis de aminas.

Os tratamentos com inclusão do resíduo apresentaram valores inferiores ($P < 0,05$) de perda de MS, em relação aos tratamento controle e aos tratamentos com os aditivos

microbianos, e aos valores obtidos por Kung, Jr. & Stanley (1982) de 29% de perdas de MS, para cana ensilada aos 15 meses de crescimento e conservada durante 60 dias. No entanto, estes valores podem ser considerados relativamente elevados quando comparados com os valores obtidos por Pedroso (2003), que variaram de 5,2 a 12,6% de perda de MS. A elevada perda de MS e a dificuldade de controle destas perdas provavelmente estão relacionadas com o elevado conteúdo de CS (59,9%) presente na cana-de-açúcar utilizada no estudo.

Segundo Nussio et al. (2003), talvez a produção de etanol, em detrimento do valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, seja a principal dificuldade apresentada por essa tecnologia. A principal causa de perda de matéria seca na silagem de cana-de-açúcar é a reação bioquímica da produção de etanol, catalisada pela via fermentativa das leveduras, onde cada molécula de glicose fermentada gera duas moléculas de etanol, duas moléculas de dióxido de carbono e duas moléculas de água. De acordo com McDonald et al. (1991), o etanol produzido nas silagens pode acarretar em perdas de até 48% da MS.

Avaliando o efeito dos tratamentos, constata-se que a menor perda de matéria seca (tratamentos com resíduo) associou-se à menor produção de etanol (Tabela 5). Este fato corrobora a afirmação de Andrade et al. (2001) de que, o aumento no teor de MS limita a produção de etanol. Assim como as perdas de MS, os teores de etanol encontrados nas silagens são considerados elevados se comparados com os dados da literatura. A alta produção de etanol, mesmo nas silagens com elevado teor de MS, também deve estar associada à grande quantidade de substrato (59,9 % de CS) disponível para ser fermentado pelas leveduras.

Tabela 5 – Valores médios dos teores de etanol (ET), ácidos láctico (LAC), acético (ACE) e propiônico (PROP) e população de leveduras das silagens de cana-de-açúcar de acordo com diferentes tratamentos

Table 5 – Mean values of ethanol (ET), lactic acid (LAC), acetic acid (ACE), and propionic acid (PROP), and yeast population of sugar cane silages according to different treatments

Tratamento Treatment	% MS (% DM)				Leveduras Log ufc/g Yeast Log cfu/g
	ET	LAC	ACE	PROP	
Controle (control)	17,8 ^a	4,3 ^b	3,5 ^{ab}	1,6 ^a	5,05 ^b
<i>L. plantarum</i>	21,8 ^a	5,3 ^{ab}	4,5 ^a	1,9 ^a	4,91 ^b
<i>L. buchneri</i>	19,3 ^a	4,3 ^b	4,5 ^a	1,6 ^a	3,98 ^c
<i>L. plantarum</i> + resíduo <i>L. plantarum</i> + residue	10,1 ^b	5,7 ^a	2,6 ^b	0,7 ^b	6,67 ^a
<i>L. buchneri</i> + resíduo <i>L. buchneri</i> + residue	8,4 ^b	4,3 ^b	3,0 ^b	0,7 ^b	5,44 ^b
Resíduo (residue)	7,6 ^b	4,8 ^{ab}	3,1 ^b	0,7 ^b	5,12 ^b
CV (%)	21,6	9,8	12,3	24,7	16,8

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey;
Means followed by different letters in the columns differ ($P < 0.05$), by the Tukey test;

L. plantarum 1×10^6 ufc/g; *L. buchneri* 5×10^4 ufc/g.

A concentração de ácido láctico nas silagens foi semelhante à observada para silagens de cana-de-açúcar tratadas com 0,5% de uréia e acrescidas de níveis crescentes de rolão-de-milho (Andrade et al., 2001). No entanto, estes teores são baixos quando comparados com os níveis encontrados em silagens de sorgo (Rodrigues et al., 2002) e até silagens de gramíneas (Jaster, 1995). As menores concentrações de ácido láctico observadas em silagens de cana-de-açúcar, podem estar relacionadas com a capacidade das leveduras de utilizar este ácido como fonte de energia. De acordo com Driehuis et al. (2001), a flora de bactérias ácido lácticas de silagens não inoculadas pode ser formada predominantemente por espécies de *L. buchneri*. Estes autores sugerem que a degradação anaeróbica do ácido láctico por *L. buchneri*, ou espécies intimamente relacionadas, pode ocorrer espontaneamente em silagens de gramíneas.

As maiores concentrações de ácido acético foram verificadas nos tratamentos com *L. plantarum* e *L. buchneri*. No entanto, os teores de ácido acético encontrados para todos os tratamentos são considerados elevados se comparados aos valores verificados por Andrade et al. (2001) que variaram de 0,9 a 2,2% de ácido acético na matéria seca.

Ranjit & Kung Jr. (2000) trabalhando com silagem de milho encontraram valor próximo (3,6% de ácido acético na MS) somente no tratamento em que a silagem foi inoculada com *L. buchneri* na concentração de 10^6 ufc/g. Esta maior concentração de ácido acético indica a presença de bactérias heterofermentativas, que podem ser espécies de *L. buchneri* como sugerido por Driehuis et al. (2001).

Os teores de ácido propiônico foram superiores ($P < 0,05$) para os tratamentos sem a inclusão do resíduo (Tabela 5). Os únicos microrganismos presentes nas silagens responsáveis pela formação de ácido propiônico são os clostrídios e as espécies de *Propionibacterium* (McDonald et al., 1991). Estas bactérias produzem o ácido propiônico pela fermentação do ácido láctico. Como não foi detectada a presença de ácido butírico e, como, normalmente, o pH das silagens de cana-de-açúcar sofre uma rápida redução, a presença de clostrídios é bastante improvável. De acordo com McDonald et al. (1991), a atividade das espécies de *Propionibacterium* não resulta em prejuízo para a qualidade da silagem. As concentrações de propionato nas silagens com resíduo estão dentro da faixa de 0 a 1% citada por Mahanna (1993) para classificação de silagens de boa qualidade. Teores de propionato semelhantes aos verificados para os tratamentos sem resíduo foram observados por Driehuis et al. (2001) em todos os tratamentos com a inoculação de *L. buchneri* após 119 dias de ensilagem, com teores variando de 1,5 a 1,7% da MS. Esta observação reforça a hipótese da presença de espécies de *L. buchneri* na forragem antes da ensilagem.

A menor população de leveduras foi observada para o tratamento com *L. buchneri* e a maior para a silagem tratada com *L. plantarum* acrescida do resíduo (Tabela 5). Não foi possível estabelecer uma relação entre a população de leveduras e a produção de etanol nas silagens, pois foram observadas concentrações de etanol mais baixas e mais altas para a mesma população de leveduras. No entanto, com base nestes dados pode-se

inferir que o aumento do teor de MS das silagens não foi capaz de diminuir a população de leveduras, mas foi eficiente em diminuir a sua atividade, o que fica evidenciado pelos menores teores de etanol presentes nos tratamentos com teores de MS mais elevados.

De acordo com Van Soest (1994), o aumento no teor de MS leva a um aumento na pressão osmótica do meio, o que torna o ambiente desfavorável para o desenvolvimento e para as atividade metabólicas das leveduras.

Conclusões

A associação do resíduo da colheita da soja à cana-de-açúcar, no processo de ensilagem melhorou a qualidade nutritiva da silagem resultante, com menores perdas de matéria seca e carboidratos solúveis, redução na produção de etanol, e conseqüentemente, menor acúmulo dos componentes da parede celular e perda na DIVMS da forragem.

Não foram observados melhorias sobre a composição química ou no perfil de fermentação das silagens, pela adição dos inoculantes *L. plantarum* e *L. buchneri*, na ensilagem da cana-de-açúcar.

Literatura Citada

- ALLI, I.; BAKER, B.E.; GARCIA, G. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.7, p.411-417, 1982.
- ALLI, I; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, p.291-299, 1983.
- ANDRADE, J.B.; JÚNIOR, E.F.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1169-1174, 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed., Arlington, Virginia., 1990. 1117p.

- AZEVEDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.
- BERNARDES, T.F.; SILVEIRA, R.N.; COAN, R.M. et al. Características fermentativas e presença de levedura na cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2002] CD-ROM.
- BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B.E. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2087-2098, 2000. (Suplemento)
- CAMPOS, F.P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F. et al. Digestibilidade *in vitro*/gás de volumosos exclusivos ou combinados avaliados pelo resíduo remanescente da digestão da matéria seca e produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1579-1589, 2001.
- CHEEKE, P.R. **Applied animal nutrition: feeds and feeding**. 2.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 525p.
- COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F. et al. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2002] CD-ROM.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v.56, p.330-343, 2001.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Anaerobic lactate degradation in maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, v.87, p.583-594, 1999.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; ABREU, J.G.; SIQUEIRA, G.R.; SANTOS, R.V. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com farelo de soja ou farelo de algodão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2002] CD-ROM.
- EVANGELISTA, A.R.; PERON, A.J.; AMARAL, P.N.C. Forrageiras não convencionais para silagem – mitos e realidades. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.463-507.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes

- ciclos de produção (Precoce e Intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M.H.T. População de protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1853-1861, 2000.
- JASTER, E.H. Legume and grass silage preservation. In: MOORE, K.J.; PETERSON, M.A. (co-Ed.) **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Madison: Wisconsin, 1995. p.91-114.
- KUNG JR, L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, v.54, p.689-796, 1982.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- LIN, C.; BOLSEN, K.K.; KART, R.A.; DICKERSON, J.T.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R. Epiphytic microflora on alfafa and whole-plant corn. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2484-2493, 1992.
- MAHANNA, B. Troubleshooting silage problems. In: STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 4,1993, Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin, 1993. p.1-21.
- MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- McDOUGAL, E.I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, n.1, p.99-109, 1949.
- MERCHEN, N.R.; BOURQUIN, L.D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.564-612.
- MERCHEN, N.R.; SATTER, L.D. Digestion of nitrogen by lambs fed alfalfa conserved as baled hay or as low moisture silage. **Journal of Animal Science**, v.56, p.943-951, 1983.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MOLINA, L.R.; FERREIRA, D.A.; GOLÇALVES, L.C. et al. Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida à diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife:Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2002] CD-ROM.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Marlow: Chalcomb Publ., 340p. 1991.
- NUSSIO, L.G.; SCHIMDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar. In:SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM

- EVIDÊNCIA – SUSTENTABILIDADE. 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. p.49-74.
- OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMEN, J.; GOTTSCHAI, J.C.; SPOELSTRA, S.F.; FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.125-132, 2001.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2003. 120p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 2003.
- PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F. 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**, v.29, n.6, p.1887-1893, 2000.
- RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.526-535, 2000.
- REZENDE, A.V.; EVANGELISTA, A.R.; BARCELOS, A.F. et al. Efeito da mistura da planta de girassol (*Helianthus annuus* L.), durante a ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no valor nutritivo da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1938-1943, 2002.
- RODRIGUES, P.H.M.; SENATORE, A.L.; ANDRADE, S.J.T. 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**, v.31, n.6, p.2373-2379, 2002.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.828-868.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ. 165p. 2002.
- SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 2, 1975, Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1975, p.156-180.
- SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; FREITAS, D. et al. Fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.793-801, 2002.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – **Sistema de análise estatística e genética**. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.
- VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; ARCARO, J.R.P. Avaliação da cana-de-açúcar em substituição a silagem de milho para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.32, n.4, p.224-228, 1995.

- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WEINBERG, Z.G.; SZAKACS, G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *L. plantarum*, applied at ensiling, on the ensiling fermentation and aerobic stability of wheat and sorghum silages. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v.23, p.218-222, 1999.
- WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 350p. 1984.
- ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1991. p.169-213.

3. CONCLUSÕES GERAIS

As variáveis FDN, fração indegradável da FDN, hemicelulose, taxa de degradação dos CT e taxa de degradação da FDN mostraram-se eficazes para avaliação da divergência nutricional da cana-de-açúcar, e dentre os genótipos estudados, o clone RB977512 pode ser considerado o de melhor qualidade nutricional.

O resíduo da colheita da soja adicionado à cana-de-açúcar, mostrou-se capaz de melhorar a qualidade nutritiva e reduzir as perdas de matéria seca e a produção de etanol das silagens.

O hidróxido de sódio adicionado exerceu influencia no sentido de reduzir a produção de etanol, mas não foi capaz de reduzir as perdas de matéria seca das silagens. Da mesma forma, o inoculante microbiano contendo *L. plantarum* não foi capaz de reduzir as perdas de matéria seca e a produção de etanol, não contribuindo assim para melhorar a qualidade nutritiva da silagem.

A associação do resíduo da colheita da soja à cana-de-açúcar, no processo de ensilagem melhorou a qualidade nutritiva da silagem resultante, com menores perdas de matéria seca e carboidratos solúveis, redução na produção de etanol, e conseqüentemente, menor acúmulo dos componentes da parede celular e perda na DIVMS da forragem.

Não foram observados melhorias sobre a composição química ou no perfil de fermentação das silagens, pela adição dos inoculantes *L. plantarum* e *L. buchneri*, na ensilagem da cana-de-açúcar.