



Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja¹

Acyr Wanderley de Paula Freitas², José Carlos Pereira³, Fernanda Cipriano Rocha⁴,
Marcene Geraldo Costa⁵, Fernando de Paula Leonel⁵, Marinaldo Divino Ribeiro⁵

¹ Parte da tese de Doutorado em Zootecnia do primeiro autor.

² Instituto de Zootecnia.

³ Departamento de Zootecnia – UFV.

⁴ Doutora em Zootecnia – UFV.

⁵ Pós-Graduação em Zootecnia – UFV.

RESUMO - Objetivou-se avaliar as características fermentativas e a qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivos microbianos e enriquecida com 10% de resíduo da colheita de soja, com base no peso verde da cana. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições, utilizando-se a variedade RB855536, colhida em soca aos 16 meses. Embora a adição do resíduo da colheita de soja tenha promovido aumento do pH final da silagem, os tratamentos com resíduo diminuíram 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 reduziu o pH da silagem quando em associação ao resíduo de soja, não exercendo efeito significativo sobre os outros parâmetros estudados. 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. Nos tratamentos com resíduo, os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram superiores aos obtidos nos demais tratamentos. Quando comparado o material utilizado para ensilagem, a redução na digestibilidade foi superior para os tratamentos sem o resíduo (24,3 vs 9,3%). A associação do resíduo da colheita de soja à cana-de-açúcar para ensilagem proporcionou melhor qualidade nutritiva, com menores perdas de MS e carboidratos solúveis, principalmente na forma de gases, e, conseqüentemente, menor acúmulo dos componentes da parede celular, além de redução na DIVMS da forragem. Não se recomenda a utilização dos inoculantes *L. plantarum* e *L. buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar, pois nenhuma melhoria foi observada na composição química ou no perfil de fermentação das silagens.

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

Evaluation of the nutritional quality of sugarcane silage treated with microbial additives and soybean crop residue

ABSTRACT - The objective of this trial was to evaluate the fermentative characteristics and nutritional quality of sugarcane treated with microbial additives and 10% of soybean crop residue based on sugarcane fresh weight. The variety RB855536 harvested at 16 months of age was used in a completely randomized design with three repetitions. Addition of soybean crop residue reduced 33% of DM losses and 60% of ammonia-N (% total N) although final silage pH increased. Use of inoculants reduced silage pH only in association with soybean crop residue with no significant effects on the remaining variables. For all treatments, silages had higher contents of fiber and lower DM levels than the material before ensiling. *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD) was significantly higher ($P<0.05$) on treatments with soybean crop residue compared to the other treatments. Moreover, compared with the material used for ensiling, reduction in digestibility was higher for treatments without soybean crop residue (24.3% vs. 9.3%). Combination of soybean crop residue with sugarcane improved nutritional quality and reduced DM and soluble carbohydrates losses, mainly in the form of gases, diluting the proportion of cell wall components and preventing losses in forage IVDMD. The use of the inoculants *L. plantarum* and *L. buchneri* during ensiling of sugarcane is not recommended because no improvement was observed on the chemical composition or fermentation profile of silages.

Key Words: ensilage, fiber, fermentative parameters, dry matter loss

Introdução

Como 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 nos períodos de estiagem e o alto potencial de produção de matéria seca e

energia por unidade de área torna essa forrageira um alimento de grande interesse dos produtores.

A conservação da cana-de-açúcar é normalmente realizada no canavial onde é cortada diariamente conforme as necessidades do rebanho. Entretanto, esta prática de manejo dificulta a utilização em larga escala por sua dificuldade

operacional. Esta limitação tem sido contornada com o uso da ensilagem, concentrando a mão-de-obra e reduzindo o trabalho e os deslocamentos diários de máquinas na propriedade.

O processo de ensilagem é extremamente complexo, pois envolve vários fatores inter-relacionados, como espécies vegetais utilizadas e características físico-químicas da forragem, uma vez que as espécies variam quanto à flora epifítica, 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 as principais características necessárias para o processo de produção de silagem: teor de matéria seca em torno de 25 a 30% (sendo o ideal próximo a 34%); teor de carboidratos solúveis próximo a 10% da matéria natural; e poder tampão, que permite a queda do pH para valores próximos a 3,5. Todavia, o alto teor de carboidratos solúveis, os quais promovem rápida proliferação de leveduras com produção de etanol e gás carbônico, consiste em um inconveniente (Valvasori et al., 1995).

Tem-se demonstrado que a ensilagem da cana-de-açúcar de forma isolada ocasiona redução acentuada no seu valor nutritivo (Kung Jr. & Stanley 1982; Andrade et al., 2001), em decorrência da rápida fermentação dos açúcares solúveis em álcool etílico pelas leveduras, um processo 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 processo de ensilagem de cana-de-açúcar, o principal problema são as 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, demonstrando que o aumento do teor de matéria seca inibe a produção de etanol. Foi observada redução de 99% na produção de etanol com a elevação do teor de matéria seca de 20,9 para 27,7%. Além disso, dependendo da qualidade nutricional do material utilizado como aditivo absorvente, pode-se melhorar não só o padrão de fermentação, como também o valor nutritivo da silagem.

Evangelista et al. (2002) concluíram que a adição de farelo de soja na ensilagem da cana-de-açúcar proporcionou melhoria significativa nas características nutricionais

da silagem. A decisão pelo tipo de material absorvente depende não somente dos seus efeitos positivos, mas também da sua viabilidade econômica.

Nesse contexto, o resíduo da colheita da soja surge como alternativa interessante, pois é composto de grãos, pequenos e quebrados, vagens, hastes e folhas, ressaltando-se que os grãos de soja contribuem com, aproximadamente, 50% da sua composição, o que lhe confere 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, por meio 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 a 1,2-propanodiol é um importante princípio deste efeito (Oude Elferink et al., 2001).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de aditivos microbianos com bactérias heterofermentativas ou homofermentativas e da adição do resíduo de colheita da soja sobre as características fermentativas e a qualidade nutricional de silagem de cana-de-açúcar.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, onde foram realizadas as coletas e o armazenamento das amostras. A variedade de cana-de-açúcar utilizada (RB855536) foi fornecida pelo Departamento de Fitotecnia e 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 da região é Cwa, segundo classificação de Köppen, a umidade relativa média do ar, de 64,7%, e a precipitação pluviométrica média anual, de 1.431 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 estavam com 16 meses, efetuando-se uma desfolha para retirada das folhas secas, como normalmente é feito quando se fornece essa forrageira aos animais.

O resíduo da colheita de soja foi adicionado à cana-de-açúcar recém-picada, na proporção de 10% da matéria natural. Os inoculantes microbianos utilizados foram o *Lactobacillus plantarum*, na dose de $1,0 \times 10^6$ ufc/g de matéria natural

(MN), e o *Lactobacillus buchneri*, na dose de $5,0 \times 10^4$ ufc/g de 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, em temperatura ambiente, até o momento da abertura.

Foram utilizados silos experimentais feitos com canos de PVC (0,75 m de altura e 0,25 m de diâmetro) dispostos em bancadas de madeira. Na parte inferior dos silos, havia 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 antes e logo após a ensilagem 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 ao final do experimento.

Após 45 dias de armazenamento, os silos foram abertos e todo o seu conteúdo foi 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, por meio de prensa hidráulica, que foi mantido congelado em freezer, para determinação dos teores dos ácidos acético, propiônico, butírico e láctico e da concentração de álcool etílico. Foram determinados também a porcentagem de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), expressa como porcentagem do nitrogênio total e o pH da silagem (Bolsen et al., 1992).

Outra amostra foi pesada, acondicionada em sacos de papel e mantida em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram retiradas da estufa e expostas à temperatura ambiente até peso constante e pesadas para determinação da matéria pré-seca. Posteriormente, foram processadas em moinho tipo “Willey” com peneira de malha de 1 mm e armazenadas em vidros com tampa, para análises posteriores.

Foram determinados os valores de MS, PB, FDN, FDA, carboidratos solúveis (CS), LIG, CEL e DIVMS, segundo recomendações de Silva & Queiroz (2002), e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), conforme descrito

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 H₂SO₄ (0,005 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. Aproximadamente 100 mg de amostras da fibra insolúvel em detergente neutro, moídas em peneiras com crivos de 1 mm, foram incubados, 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 inóculo ruminal, provenientes 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), em uma sala climatizada, mantida a 39°C. As leituras de pressão foram realizadas utilizando-se 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:

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

em que $V(t)$ 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 , o 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 g 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 segundos em um agitador de laboratório (Stomacher 400). Da solução obtida foram feitas diluições em série (10^{-1} a 10^{-9}), utilizando-se tubos de ensaio com tampa rosqueada contendo a solução tamponada e, posteriormente, foram isolados os microrganismos com o uso dos respectivos meios de cultura seletivos, de acordo com os seguintes protocolos:

Leveduras: Malt ágar (Difco) com adição de ampicilina (200 mg/mL) e tetraciclina (200 mg/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 Tukey ($\alpha = 0,05$).

Resultados e Discussão

As composições químicas da cana-de-açúcar e do resíduo da colheita da soja utilizados no experimento encontram-se na Tabela 1. Os teores de MS e PB da cana-de-açúcar utilizada para a ensilagem atendem à média dos valores encontrados por Coan et al. (2002), de 27,4% de MS e 2,0% de PB, e por Molina et al. (2002), de 28,3% de MS e 2,3% de PB. O teor de carboidratos solúveis foi bem superior aos 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.

Os teores dos componentes da fibra da cana-de-açúcar (Tabela 1) foram baixos para FDN (36,2%), FDA (23,6%) e hemicelulose (12,6%) e elevados para lignina (15,2% da FDN), em relação aos encontrados por Azevêdo et al. (2003) e Fernandes et al. (2003), que 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.

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

Constam na Tabela 2 os valores médios da composição química do material original e das silagens de cana-de-açúcar submetidas aos diferentes tratamentos. Os teores de MS da cana-de-açúcar pura e com a inclusão dos aditivos mantiveram-se em níveis bem próximos aos 30% recomendados por Silveira (1975) para se obter fermentação de boa qualidade.

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

Tabela 1 - Composições químicas da cana-de-açúcar e do resíduo da colheita da soja (resíduo) utilizados na ensilagem
Table 1 - Chemical composition of the sugarcane and the soy crop residue (residue) used for ensiling

Variável <i>Variable</i>	Cana-de-açúcar <i>Sugarcane</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

A adição do resíduo também foi eficiente em elevar o teor de PB das silagens ($P < 0,05$), o que era esperado, tendo-se em vista o elevado teor protéico do resíduo (33,3%). O valor médio de PB das silagens com adição do resíduo foi de 11,6%, superior ao de 6 a 8% citado por Mertens (1994) como 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). Esse 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 durante o processo fermentativo, no qual os componentes solúveis em água são reduzidos proporcionalmente ao aumento na fração menos fermentável insolúvel em água, particularmente os constituintes da parede celular.

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

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), insoluble neutral detergent fiber (NDF), insoluble acid detergent fiber (ADF), and soluble carbohydrates (SC) of the fresh material and sugarcane silage according to treatments

Tratamento Treatment	MS (%) DM (%)	Material original Original material			
		% da MS % 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	MS (%) DM (%)	Silagem Silage			
		% da MS % 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 (P<0,05) pelo teste Tukey.

Means followed by different letters in the same column differ (P<0,05) by Tukey test.

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

Como não houve produção de efluentes em nenhum dos tratamentos, 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 pela produção da “água de metabolismo”. As perdas de CS (79,9 a 91,9%) foram bem superiores às registradas por Pedroso (2003), que relatou perdas de 61% de CS. No entanto, esses 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 maiores (P<0,05) para os tratamentos com inclusão do resíduo, comprovando que os tratamentos foram eficientes em reduzir a perda de CS nestas silagens. Esses resultados são confirmados pela maior (P<0,05) concentração de CS no 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 perda de CS (P<0,05) superior

à observada com adição exclusiva do resíduo, indicando que o estímulo à fermentação pode ser prejudicial no processo de ensilagem da cana-de-açúcar, uma vez que aumenta o consumo de carboidratos solúveis e que o desenvolvimento das leveduras não é inibido apenas pelo declínio do pH das silagens (McDonald et al., 1991).

As taxas de degradação da FDN e a fração indegradável da FDN das silagens são apresentadas na Tabela 3. As taxas de degradação da FDN foram bastante próximas, observando-se superioridade (P<0,05) somente para a silagem tratada com *L. buchneri* isoladamente em relação aos tratamentos com *L. plantarum* e resíduo na forma exclusiva.

Não foi possível estabelecer um padrão de comportamento para esta variável em relação aos tratamentos. No entanto, estes valores encontram-se dentro das taxas descritas na literatura para cana-de-açúcar, as quais variam 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), sugerindo que a variação na taxa de degradação da fração de carboidratos fibrosos da cana-de-açúcar é maior

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, de acordo com os diferentes tratamentos

Table 3 - Mean values of estimated NDF degradation rate (kd_{NDF}), and NDF undegradable fraction (I) of sugarcane silages according to different treatments

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

entre variedades e estádios de maturidade da planta que entre os tratamentos avaliados.

O método de conservação (ensilagem) normalmente tem pouco efeito na composição dos carboidratos estruturais das forragens (Merchen & Bourquin, 1994). 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 significativamente alteradas durante o processo de ensilagem.

A inclusão do resíduo da colheita da soja proporcionou menores ($P < 0,05$) teores da fração indegradável da FDN, o que provavelmente está relacionado aos menores teores de FDA (Tabela 2) observados para as silagens com resíduo, observando-se correlação positiva entre o teor da fração da fibra insolúvel em detergente ácido e o da fração indegradável da fibra (Van Soest, 1994).

A fração indegradável da FDN é um dos fatores limitantes da capacidade de ingestão de alimentos pelos ruminantes. Portanto, as silagens com maior teor da fração indegradável da FDN podem limitar, em determinado grau, a ingestão e, conseqüentemente, a capacidade deste alimento em 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 demais (Tabela 4). Esse resultado era esperado, pois o resíduo possui digestibilidade superior à da cana-de-açúcar (Tabela 1). Pode-se inferir que os maiores teores de DIVMS nesses tratamentos ocorreram pela menor perda de CS, e conseqüentemente mais baixa concentração dos componentes

da parede celular, além da maior disponibilidade de nitrogênio, decorrente da maior porcentagem de PB nas silagens com inclusão do resíduo, favorecendo o crescimento microbiano, o que promoveria maior digestibilidade do alimento.

A redução na digestibilidade da cana-de-açúcar foi superior nos tratamentos sem o resíduo (24,3 vs 9,3%). Os tratamentos com os dois inoculantes não apresentaram diferenças significativas na DIVMS em relação ao tratamento controle ($P > 0,05$), com média de 58% de DIVMS. Esse valor foi superior aos encontrados por Pedroso (2003), em 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 registrados 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).

A inclusão do resíduo elevou significativamente ($P < 0,05$) os valores de pH, que variaram de 3,5 (tratamento controle) a 3,9 (tratamento somente com resíduo), conforme descrito na Tabela 4. Nos tratamentos com o resíduo, os valores de pH se mantiveram 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 o pH em relação ao tratamento controle. Entretanto, nos tratamentos com adição do resíduo, os inoculantes reduziram ($P < 0,05$) o pH, que apresentou valor de 3,8 nos 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 esse efeito 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 de proteína, a estabilidade do pH ocorre, normalmente, antes do décimo dia de ensilagem. Pedroso (2003), em estudo 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). Os tratamentos com adição do resíduo apresentaram porcentagem de NA 60% inferiores ($P < 0,05$) às dos demais tratamentos

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

Table 4 - Mean values of pH, ammonia nitrogen (AN), dry matter loss (DM loss), and "in vitro" dry matter digestibility (IVDMD) of sugar cane silages

Tratamento Treatment	pH	NA ¹ AN ¹	Perda de MS DM loss %	DIVMS IVDMD
Controle Control	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> + residue	3,8 ^b	5,2 ^b	22,3 ^b	70,8 ^a
<i>L. buchneri</i> + resíduo <i>L. buchneri</i> + residue	3,8 ^b	4,2 ^b	21,7 ^b	70,2 ^a
Resíduo Residue	3,9 ^a	4,8 ^b	22,4 ^b	69,8 ^a
CV (%)	0,8	23,2	12,2	2,3

¹Em porcentagem do nitrogênio total da amostra (percentage of sample total nitrogen).

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Means followed by different letters in the same column differ ($P < 0,05$) by Tukey test.

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

(Tabela 4). Os tratamentos com utilização do resíduo apresentaram 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 de NA (Tabela 4) são considerados elevados, pois, segundo Van Soest (1994), valores acima de 10% indicam que o processo de fermentação resultou em quebra excessiva de proteína em amônia. Além disso, os elevados valores de NA, próximos de 15%, podem ser mais um fator para diminuir a aceitação da silagem de cana-de-açúcar pelos animais, resultando em baixo consumo. De acordo com Mahanna (1993), a amônia, *per se*, 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.

A inclusão de resíduo promoveu menores ($P < 0,05$) perdas de MS em relação aos tratamentos controle e com os aditivos microbianos e ao valor obtido 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 se comparados aos obtidos por Pedroso

(2003), de 5,2 a 12,6% de perda de MS. A elevada perda de MS e a dificuldade de controlar estas perdas provavelmente estão relacionadas ao elevado conteúdo de CS (59,9%) presente na cana-de-açúcar.

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 para ensilagem dessa gramínea. A maior causa de perda de MS na silagem de cana-de-açúcar é a reação bioquímica da produção de etanol, em que a MS é catalisada via fermentação pelas leveduras, de modo que cada molécula de glicose fermentada gera duas moléculas de etanol, duas de dióxido de carbono e duas moléculas de água. De acordo com McDonald et al. (1991), o etanol produzido nas silagens pode acarretar perdas de até 48% da MS.

Constatou-se, pelo efeito dos tratamentos, que a menor perda de MS (tratamentos com resíduo) esteve associada à mais baixa produção de etanol (Tabela 5), conforme afirmação de Andrade et al. (2001) de que o aumento no teor de MS limita a produção de etanol. Como as perdas de MS, os teores de etanol encontrados nas silagens são considerados elevados se comparados aos 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 fermentação.

A concentração de ácido lático nas silagens foi semelhante à observada em 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, é baixa se comparada à encontrada em silagens de sorgo (Rodrigues et al., 2002) e em silagens de gramíneas (Jaster, 1995). As menores concentrações de ácido lático observadas em silagens de cana-de-açúcar podem estar relacionadas à capacidade das leveduras em utilizar este ácido como fonte de energia. Driehuis et al. (2001) afirmaram que a flora de bactérias ácido-láticas de silagens não inoculadas pode ser formada predominantemente por espécies de *L. buchneri* e sugerem que a degradação anaeróbica do ácido lático por *L. buchneri* ou por espécies intimamente relacionadas pode ocorrer naturalmente 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 em 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), em estudo 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

Tabela 5 - Média dos teores de etanol (ET) e dos ácidos láctico (LAC), acético (ACE) e propiônico (PROP) na matéria seca e população de leveduras das silagens de cana-de-açúcar

Table 5 - Mean dry matter concentrations of ethanol (ET) and lactic (LAC), acetic (ACE), and propionic (PROP) acids and yeast population of sugarcane silages

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 ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Means followed by different letters in the same column differ ($P < 0,05$) by Tukey test.

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

de 10^6 ufc/g. Essa 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 ($P < 0,05$) nos tratamentos sem a inclusão do resíduo (Tabela 5). Os únicos microrganismos responsáveis pela formação de ácido propiônico presentes nas silagens são os clostrídios e as espécies de *Propionibacterium* (McDonald et al., 1991). Estas bactérias produzem o ácido propiônico pela fermentação do ácido láctico. Uma vez que não foi detectada a presença de ácido butírico e que normalmente o pH das silagens de cana-de-açúcar sofre rápida redução, a presença de clostrídios 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 (1,5 a 1,7% da MS), o que reforça a hipótese da presença de espécies de *L. buchneri* na forragem antes da ensilagem.

A menor população de leveduras foi observada na silagem com *L. buchneri* e a maior, na silagem tratada com *L. plantarum* acrescida do resíduo (Tabela 5). Não foi possível estabelecer 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 sua atividade, como 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 provoca maior pressão osmótica do meio, tornando o ambiente desfavorável para o desenvolvimento e as atividades metabólicas das leveduras.

Conclusões

A associação do resíduo da colheita de soja à cana-de-açúcar no processo de ensilagem melhora a qualidade nutritiva da silagem, promovendo menores perdas de MS e CS (por reduzir a produção de etanol) e, conseqüentemente, menor acúmulo dos componentes da parede celular, além de redução na DIVMS da forragem.

A adição dos inoculantes *L. plantarum* e *L. buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar não melhorou a composição química e o perfil de fermentação das silagens.

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.; FERRARI JR., E.; 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.
- 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-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 (supl.).
- 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. et al. 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, MG. **Anais...** Viçosa, MG: 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. (Eds.) **Post-harvest physiology and preservation of forages**. 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. et al. Epiphytic microflora on alfalfa 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 Publications, 1991. 340p.
- 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. 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.
- 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: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003. 120p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 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: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165p.
- 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, 1984. 350p.
- 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.

Recebido: 04/04/05
Aprovado: 19/08/05