

HELLENN CARDOSO OLIVEIRA

**SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR COM URÉIA E FARELO DE
MANDIOCA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48s
2009

Oliveira, Hellem Cardoso, 1982-
Silagem de cana-de-açúcar com uréia e farelo de mandioca
/ Hellem Cardoso Oliveira. – Viçosa, MG, 2009.
xi, 54f. : il. ; 29cm.

Orientador: Rasmão Garcia.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Silagem - Composição. 2. Silagem - Qualidade. 3. Cana-
de-açúcar na nutrição animal. 4. Mandioca como ração.
5. Rúmen - Fermentação. 6. Ureia. 7. Forragem. I.
Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.0862

HELLENN CARDOSO OLIVEIRA

SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR COM URÉIA E FARELO DE
MANDIOCA

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

APROVADA: 24 de julho de 2009



Prof.^a Cristina Mattos Veloso



Prof. Odilon Gomes Pereira
(Co-Orientador)



Prof.^a Maria Lúcia A. Pereira



Prof. José Antônio Obeid



Prof. Rasmio Garcia
(Orientador)

Aos meus amados pais, Edmir Domingos e Marilene Cardoso (minha vida), pelo amor, alegria, dedicação e pela formação que me deram, ensinando-me sempre seguir em frente, superando as dificuldades de forma íntegra e respeitando sempre ao próximo.

A meus irmãos Aline e Ueslei pelo amor, amizade, companheirismo de sempre e pela torcida ao longo de minha vida.

DEDICO

As minhas amadas sobrinhas Beatriz, Débora e Izabel que me fazem mais feliz a cada dia com a sua alegria.

Aos meus avós Nenzinho, Lera (*in memorian*), Egídio e Carmelita pelo amor e carinho, em especial minha querida avó Lera pelo exemplo de força e por ter me mostrado o significado do verdadeiro amor com a sua ternura.

A Vitor (gordinho), pela sincera amizade, companheirismo e apoio.

A Thiara, que para mim é como se fosse uma irmã, pela amizade, agradável convivência e pelos conselhos dados.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre me abençoar e iluminar os meus caminhos.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realizar este curso.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por disponibilizar suas instalações para montagem do experimento.

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

Ao professor Rasmão Garcia, pela orientação e confiança, exemplo de profissionalismo e caráter.

Ao professor Aureliano José Vieira Pires pela co-orientação e aos ensinamentos que me foram passados.

Ao professor Odilon Gomes Pereira, pela co-orientação.

À professora Cristina, pelo apoio, carinho e amizade.

Aos demais membros da banca, professora Mara e professor Obeid pelas sugestões na melhoria do trabalho.

À minha irmã Aline e meu cunhado Vitor (gordinho) pela ajuda incondicional de todas as horas na condução do experimento, pelo carinho, amizade, cuidado, apoio dedicado e por tornar o meu mestrado mais feliz.

À Daiane, Leozinho e Zé pela ajuda na montagem do experimento, pela amizade e apoio dedicado

A Alberti pelo apoio na montagem do experimento.

A Léo (Leleco) pela ajuda nas análises dos dados, carinho, amizade dedicada, alegria e pelo convívio prazeroso.

À Andréia (Dea), grande companheira e Rogério (Roger) pela amizade, carinho e pelos momentos de alegria.

Aos meus companheiros de república Carlindo, Rosana e Simone pela amizade e atenção dedicada.

Ao funcionário do laboratório de forragicultura, Raimundo pelo apoio nas minhas atividades.

Aos funcionários do laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV, Mário, Monteiro, Fernando e Wellington, pelo apoio durante as análises laboratoriais.

Aos funcionários do DZO/UFV, Celeste, Fernanda e Venâncio pela eficiência e ajuda sempre que necessário.

Aos meus amados pais, que sempre me incentivaram e apoiaram.

As minhas sobrinhas (meus amores), pelos maravilhosos momentos de alegria e ternura.

À minha família pela torcida.

A todos que, de algum modo, contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

MUITO OBRIGADA!!!!

BIOGRAFIA

HELLENN CARDOSO OLIVEIRA, filha de Edmir Domingos de Oliveira e Marilene Cardoso Oliveira, nasceu em Itapetinga, BA, em 14 de maio de 1982.

Em 2008, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Em março de 2008, ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, área de concentração em Forragicultura e Pastagem, defendendo a dissertação em 24 de julho de 2009.

Em agosto de 2009 ingressou no Curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA	3
Valor Nutritivo e Fracionamento de Carboidratos das Silagens de Cana-de-Açúcar Com Uréia e Farelo de Mandioca	4
Resumo	4
Abstract	5
Introdução.....	6
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	25
Literatura Citada	26
Características Fermentativas e Perdas na Silagem de Cana-de-Açúcar Com Uréia e Farelo de Mandioca.....	30
Resumo	30
Abstract	31
Introdução.....	32
Material e Métodos	34
Resultados e Discussão.....	38
Conclusões.....	49
Literatura Citada	50

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar e do farelo de mandioca (FM).....	11
Tabela 2 - Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cinza, extrato etéreo (EE), nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM)	12
Tabela 3 - Teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM).....	16
Tabela 4 - Valores médios de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM).....	19
Tabela 5 - Teores médios de carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2) e fração indigestível da parede celular (C) da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM).	21

Capítulo 2

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar e do farelo de mandioca (FM).....	37
Tabela 2 - Médias de pH e teores médios de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM).....	38
Tabela 3 - Teores médios de ácido láctico, ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico e etanol da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca.	40
Tabela 4 - Teores de matéria seca (MS), perdas de MS por gases, perdas por efluente e recuperação da MS da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM).....	44

RESUMO

OLIVEIRA, Hellen Cardoso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009.
Silagem de cana-de-açúcar com uréia e farelo de mandioca. Orientador: Rasmão Garcia, Co-Orientadores: Aureliano José Vieira Pires e Odilon Gomes Pereira.

Dois experimentos foram conduzidos, em delineamento inteiramente casualizado, para avaliar o valor nutritivo, as frações dos carboidratos, as características fermentativas e as perdas das silagens de cana-de-açúcar produzidas sem e com uréia (0 e 5,4 % da matéria seca) e acrescida de farelo de mandioca (0; 7; 14; 21; e 28 % da matéria natural). Foram utilizados silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen, para saída de gases oriundos da fermentação, e areia no fundo, para captação do possível efluente. No experimento I, a avaliação do valor nutritivo das silagens foi realizada por meio da determinação da composição química, da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e do fracionamento de carboidratos. A uréia e o farelo de mandioca elevaram os valores de matéria seca e reduziram os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose e lignina. A associação da uréia com o farelo de mandioca nas silagens elevou os teores de matéria orgânica, proteína bruta e o NDT e reduziu os teores de extrato etéreo, fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido. A adição de farelo de mandioca na produção da silagem de cana-de-açúcar aumentou a DIVMS e reduziu os teores de cinza. A uréia teve efeito sobre todas as variáveis estudadas. À análise de regressão, detectou-se elevação linear crescente do teor de carboidratos totais em função da adição de farelo de mandioca na silagem sem uréia e efeito quadrático na silagem com uréia. A associação da uréia com os diferentes níveis de farelo de mandioca elevou a fração A + B1 e reduziu as frações B2 e C dos carboidratos. No experimento II, foram avaliadas as perdas de matéria seca por gases, as perdas de efluente, recuperação da matéria seca e o perfil fermentativo das silagens, por meio da determinação dos valores de pH, do teor de nitrogênio amoniacal e dos ácidos orgânicos. As perdas por gases e efluente foram influenciadas, apresentando efeito linear decrescente em função dos níveis de farelo de mandioca para ambas as silagens. Já para a variável recuperação de matéria seca, verificou-se efeito linear crescente para silagem sem uréia e efeito quadrático para silagem aditivada com uréia. Em relação às variáveis inerentes às características fermentativas das silagens, a associação uréia e farelo de mandioca resultou em silagens com maiores valores de pH, estando dentro da

faixa considerada ideal para uma boa fermentação, e menores teores de ácido láctico e nitrogênio amoniacal. Para os teores de ácido butírico e etanol, a análise de regressão revelou que nenhum modelo ajustou-se aos dados. No entanto, para o teor de ácido propiônico, verificou-se efeito linear decrescente em função dos níveis de farelo de mandioca adicionados e efeito quadrático para o teor de ácido acético na silagem com uréia, não sendo observado efeito para silagem sem o aditivo.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Hellen Cardoso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2009.

Sugar cane silage with urea and cassava meal. Adviser: Rasmô Garcia, Co-Advisers: Aureliano José Vieira Pires and Odilon Gomes Pereira.

Two experiments were conducted, in completely randomized design, to evaluate the nutritive value, the carbohydrates fractions, the fermentation characteristics and the losses of sugar cane silages produced without or with urea (0 and 5.4 % of dry matter) and added of cassava meal (0; 7; 14; 21; and 28 % of natural matter). PVC silos with 50 cm height and 10 cm diameter, provided with Bunsen valve for output of gases from the fermentation, and sand in the bottom to capture the possible effluent, were used. In experiment I, the evaluation of the nutritive value of silages was realized by means of the determination of the chemical composition, the *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), the total digestible nutrients (TDN) and the carbohydrates fractions. The urea and the cassava meal increased the dry matter values and reduced the contents of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, cellulose and lignin. The association of urea with cassava meal in the silages increased the contents of organic matter, crude protein and TDN and reduced the ether extract, neutral detergent fiber ash and protein free, neutral detergent insoluble nitrogen and acid detergent insoluble nitrogen contents. The cassava meal addition in sugar cane silage production increased the IVDMD and reduced the ash contents. The urea had effect on all the variables studied. In the regression analysis, it was found increasing linear increase of total carbohydrates content in function of cassava meal addition in the silage without urea and quadratic effect in the silage with urea. The association of urea with the different levels of cassava meal increased the A + B1 fraction and reduced the B2 and C fractions of the carbohydrates. In the experiment II, the losses of dry matter by gases, the effluent losses, dry matter recovery and silage fermentation profile, through the determination of pH values, ammonia nitrogen and organic acids content were evaluated. The losses by gases and effluent were influenced, presenting decreasing linear effect in function of the cassava meal levels for both silages. For the variable dry matter recovery, it was verified increasing linear effect for the silage without urea and quadratic effect for the silage added with urea. Regarding the variables inherent to the fermentation characteristics of the silages, the association urea and cassava meal resulted in silages with greater pH values, being within the range considered ideal for a good fermentation,

and smaller lactic acid and ammonia nitrogen contents. For the butyric acid and ethanol contents, the regression analysis revealed that no model fitted the data. However, for propionic acid content, it was verified decreasing linear effect in function of cassava meal levels added and quadratic effect for acetic acid content in the silage with urea, with no effect observed in the silage without the additive.

Introdução

O modelo de produção da pecuária nos trópicos é baseado no uso predominante do pasto, apresentando baixos índices de produção na época seca, devido à baixa oferta qualitativa e quantitativa de forragem proveniente das pastagens nesse período. Buscando reduzir os efeitos da sazonalidade de produção, a conservação de forragem, na forma de feno e silagem têm se apresentado como alternativa para alimentação dos animais no período seco. Dessa forma, o uso de recursos forrageiros como a silagem de cana-de-açúcar apresenta-se como opção para suplementação de bovinos.

A adoção da cana-de-açúcar como volumoso suplementar durante o período de seca baseia-se na facilidade e na tradição de cultivo e, sobretudo, por ser uma opção competitiva, comparada a outros alimentos volumosos. A alta produtividade de massa verde (80 a 120 t/ha), o baixo custo por unidade de matéria seca (MS), a manutenção do valor nutritivo até seis meses após a maturação (Silva, 1993), aliados à facilidade de obtenção de mudas e plantio e à possibilidade de atingir taxas de ganho de peso razoáveis, têm atraído os pecuaristas para a utilização da cana-de-açúcar como alimento volumoso para bovinos. Ademais, a importância da utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes se dá devido à sua disponibilidade durante o período de escassez de forragens nos pastos e, conseqüentemente, maior necessidade de suplementação dos animais (Borges e Pereira, 2003).

A cana-de-açúcar *in natura* oferecida aos animais é uma prática tradicional e de amplo conhecimento dos pecuaristas. Porém essa forma de utilização requer corte diário, demandando mão-de-obra para cortes, despalha, transporte e picagem, o que, muitas vezes, inviabiliza sua utilização. Apesar de a cana-de-açúcar ser considerada uma cultura de baixo risco agrônômico, o fogo e a queima por geada representam riscos para o canavial, pois ocorrem reações de reversão da sacarose, com conseqüente perda do valor nutritivo e também da capacidade de estocagem do material no canavial.

Quando realizada a ensilagem da cana, os gastos com mão-de-obra concentram-se em apenas um período, o que aumenta as vantagens dessa cultura em relação às outras utilizadas para a ensilagem, as quais são colhidas no período chuvoso (Lopes et al., 2007).

A cana-de-açúcar apresenta algumas características que favorecem a sua ensilagem como: 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).

Aditivos químicos como a uréia, e absorventes de umidade como o farelo de mandioca, têm sido utilizados com o intuito de melhorar o padrão de fermentação e a conservação de silagens, promovendo o desenvolvimento dos microrganismos benéficos, como as bactérias produtoras de ácido lático, e a inibição dos indesejáveis, como as leveduras e os clostrídios. A escolha do tipo de aditivo está relacionada à sua disponibilidade, à relação custo/benefício e ao valor protéico e/ou energético da silagem.

A aplicação de aditivos, como a uréia, pode melhorar a qualidade de silagens de cana-de-açúcar e diminuir a população de leveduras e mofos, reduzindo a produção de etanol, as perdas de MS e de carboidratos solúveis e proporcionando melhor composição bromatológica em silagens tratadas, em comparação a silagens exclusivamente de cana (Alli et al., 1983).

Os aditivos absorventes de umidade são, normalmente, fontes de carboidratos, como cereais, farelos, entre outros, utilizados para elevar o teor de MS das silagens, reduzir a produção de efluente e aumentar o valor nutritivo das mesmas (McDonald et al., 1991).

A mandioca é uma cultura cultivada em todos os estados do Brasil, o qual ocupa lugar de destaque como um dos maiores produtores mundiais, apresentando produção anual estimada em 27 milhões de toneladas, sendo 80 % da produção destinada à indústria de farinha, principalmente na região Nordeste (Caldas Neto et al., 2000).

O farelo de mandioca, por apresentar elevado conteúdo de matéria seca e propriedades higroscópicas, pode atuar como aditivo absorvente. Os resíduos da extração da fécula apresentam, ainda, 75 % de amido (Cereda, 1994), podendo este material vir a se constituir um aditivo energético promissor na produção de silagem de cana-de-açúcar.

O experimento foi conduzido para determinar o valor nutritivo, as frações que compõem os carboidratos, as perdas e as características fermentativas da silagem de cana-de-açúcar com uréia e farelo de mandioca.

Literatura citada

- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. et al. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, n.4, p.291-299, 1983.
- BORGES, A.L.C.C.; PEREIRA, L.G.R. **Cana-de-açúcar como volumoso para bovinos**. In: MARQUES, D.C. Criação de bovinos. 7. ed. Belo Horizonte: Consultoria Veterinária e Publicações, 2003. p. 221-224.
- CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. et al. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2099-2108, 2000 (Suplemento 1).
- CEREDA, M.P. **Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca**. In: Cereda, M.P. (Ed.) Resíduos da industrialização da mandioca. Botucatu. 1994. p. 11-50.
- FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. Valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade¹. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1155-1161, 2007 (suplemento).
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. Ed. Marlow: Chalcomb Publication, 1991. 340p
- SILVA, S.C. **A cana-de-açúcar como alimento volumoso suplementar**. In: Volumosos para bovinos. FEALQ, 1993. p. 59-74.
- 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.

Valor Nutritivo e Fracionamento de Carboidratos das Silagens de Cana-de-Açúcar Com Uréia e Farelo de Mandioca

Resumo: O experimento foi desenvolvido para avaliar os efeitos da uréia e da inclusão de níveis de farelo de mandioca sobre o valor nutritivo e as frações que compõem os carboidratos da silagem de cana-de-açúcar. Foi adotado o esquema fatorial 2 x 5, sendo dois níveis de uréia (0 e 5,4 % da matéria seca) e cinco níveis de farelo de mandioca (0, 7, 14, 21 e 28 % da matéria natural). Foram utilizados silos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para a produção das silagens, que foram abertos após 30 dias. Observou-se efeito da interação uréia e níveis de farelo de mandioca para o teor de matéria seca (MS), verificando-se efeito linear crescente. A uréia e o farelo de mandioca reduziram os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose e lignina. A associação da uréia com o farelo de mandioca nas silagens elevou os teores de matéria orgânica, proteína bruta, os nutrientes digestíveis totais e reduziu os teores de extrato etéreo, fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido. A adição de farelo de mandioca na produção da silagem de cana-de-açúcar aumentou a digestibilidade *in vitro* da MS e reduziu os teores de cinza. A uréia teve efeito para todas as variáveis estudadas. À análise de regressão, detectou-se elevação linear crescente do teor de carboidratos totais em função da adição de farelo de mandioca na silagem sem uréia e efeito quadrático na silagem com uréia. A associação da uréia com os diferentes níveis de farelo de mandioca elevou a fração A + B1 e reduziu as frações B2 e C dos carboidratos. A adição de uréia e farelo de mandioca propiciou maior teor de MS e redução da fração fibrosa, contribuindo para aumentar o valor nutritivo das silagens.

Palavras-Chave: composição bromatológica, digestibilidade, *Saccharum officinarum* L, subproduto

Nutritive Value and Carbohydrate Fractions of Sugar Cane Silages With Urea and Cassava Meal

Abstract: The experiment was developed to evaluate the effects of urea and the inclusion of cassava meal levels on the nutritive value and the fractions that make up the carbohydrates of sugar cane silage. The 2 x 5 factorial was adopted, with two urea levels (0 and 5.4 % of dry matter) and five cassava meal levels (0; 7; 14; 21; and 28 % of natural matter). PVC silos with 50 cm height and 10 cm diameter were used for silages production, which were opened after 30 days. The interaction of urea and cassava meal levels affected the dry matter (DM) content, verifying increasing linear effect. The urea and the cassava meal reduced the neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, cellulose and lignin contents. The association of urea with cassava meal in the silages increased the organic matter, crude protein and TDN contents and reduced the ether extract, neutral detergent fiber ash and protein free, neutral detergent insoluble nitrogen and acid detergent insoluble nitrogen contents. The cassava meal addition in sugar cane silage production increased the *in vitro* DM digestibility and reduced the ash contents. The urea had effect on all the variables studied. In the regression analysis, it was found increasing linear increase of total carbohydrates content in function of cassava meal addition in the silage without urea and quadratic effect in the silage with urea. The association of urea with the different levels of cassava meal increased the A + B1 fraction and reduced the B2 and C fractions of the carbohydrates. The addition of urea and cassava meal propitiated greater DM content and fiber fraction reduction, contributing to increase the nutritive value of the silages.

Key words: bromatological composition, digestibility, *Saccharum officinarum* L., byproduct

Introdução

O processo de conservação de volumosos representa uma alternativa de grande importância, dado a escassez de forragem de qualidade no período seco que reduz a produtividade animal.

A cana-de-açúcar destaca-se entre as forrageiras de clima tropical, como a planta de maior potencial para produção de massa seca e energia por unidade de área, em um único corte por ano (França et al., 2006), indicando grande potencial para conservação de forragem, por meio da ensilagem.

Apesar da escassez de pesquisa nacional nesta área, alguns trabalhos demonstraram que silagens produzidas exclusivamente com cana-de-açúcar são de baixa qualidade. Mesmo assim, a ensilagem desta forragem tem sido realizada em nosso país, sem a devida preocupação com os problemas que apresenta (Pedroso, 2003).

Ao utilizar a cana-de-açúcar ensilada, observa-se a ocorrência de fermentação alcoólica. Esse tipo de fermentação acarreta perdas de matéria seca e de valor nutritivo da forragem (Silva, 2007). De acordo com Woolford (1984), os principais fatores que possibilitam o rápido desenvolvimento de leveduras nas silagens de cana são o baixo teor de matéria seca (20 a 30 %) e a elevada concentração de açúcares solúveis.

Visando à melhoria do processo de ensilagem da cana-de-açúcar, diversos aditivos têm sido avaliados, dentre estes, a uréia e subprodutos da agroindústria.

De acordo com Preston (1977), a fermentação alcoólica na massa ensilada poderia ser controlada pela adição de um álcali. Na microflora encontrada na cana-de-açúcar, as leveduras são os microrganismos predominantes, que, sob condições anaeróbias e de baixo pH, metabolizam açúcares em álcool. Deste modo, a adição de produtos alcalinizantes, como a uréia, propiciaria um pH inicial alto, favorecendo a multiplicação de bactérias, em detrimento às leveduras (Ravelo et al., 2002; Preston, 1977). A inclusão de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar, além do papel fungistático no silo, propiciando melhor padrão fermentativo, em doses adequadas, corrige o baixo teor de proteína bruta encontrado na cana-de-açúcar.

O farelo de mandioca constitui-se em material descartado dos panos ou canais de deposição do leite de amido, proveniente da lavagem da mandioca triturada para posterior produção da fécula (Ferrari Júnior e Lavezzo, 2001). Esse resíduo caracteriza-se como fonte de energia, por conter carboidratos de alta degradabilidade ruminal (Silveira et al., 2002) e, quando acrescido na ensilagem propicia silagens com

fermentação adequada, e nutricionalmente convenientes (Ferrari Júnior e Lavezzo, 2001).

Segundo Fox et al. (1992), os sistemas de adequação de dietas para ruminantes necessitam de informações sobre as frações de carboidratos dos alimentos para estimativas mais exatas do desempenho dos animais e maximização da eficiência de utilização dos nutrientes.

Como meio de melhor caracterizar os componentes de um alimento, Sniffen et al. (1992) sugeriram que os carboidratos fossem fracionados em componentes A (açúcares solúveis com rápida degradação ruminal), B1 (amido e pectina), B2 (correspondente à fibra potencialmente degradável) e C (que representa característica de indigestibilidade).

Assim, a caracterização das frações que constituem os carboidratos dos alimentos obtidos em condições tropicais, constitui instrumento valioso para formulação de dietas visando a maximização do crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, a melhor predição do desempenho dos animais (Carvalho et al., 2007).

Objetivou-se, com este experimento, determinar o valor nutritivo e as frações que compõem os carboidratos da cana-de-açúcar ensilada com uréia e farelo de mandioca.

Material e Métodos

Foi utilizada a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), variedade RB72454 (14 meses de crescimento), com teor de MS de 28 %, proveniente de um canavial já estabelecido e localizado no *Campus* pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, na cidade de Itapetinga, BA, para a produção das silagens. O valor do grau Brix da cana-de-açúcar foi determinado por um refratômetro e apresentou valor médio de 16°.

Adotou-se um esquema fatorial 2 x 5, sendo dois níveis de uréia, 0 e 5,4 % da matéria seca (o equivalente a 1,5 % da matéria natural), e cinco níveis do farelo de mandioca, 0, 7, 14, 21 e 28 % da matéria natural, com cinco repetições, no delineamento inteiramente casualizado.

O material foi picado em ensiladora, regulada para cortar a forragem em partículas de aproximadamente 2 cm. Os aditivos foram adicionados logo após o corte da cana-de-açúcar e seu fracionamento na ensiladora, sendo a proporção de uréia adicionada em relação à matéria seca, e a de farelo de mandioca à massa verde.

Depois de homogeneizada, a cana-de-açúcar as quantidades de uréia e de farelo de mandioca correspondentes a cada nível de inclusão, todo o material foi ensilado em silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, de modo a se obter densidade de 700 kg.m⁻³, para isso, determinou-se o volume do silo experimental e pesou-se a quantidade de forragem necessária para obter a densidade desejada. Após a ensilagem procedeu-se imediatamente a vedação dos silos.

Os silos foram abertos 30 dias após o fechamento procedendo-se, então, a coleta de amostras, as quais foram congeladas para posteriores análises. Essas amostras foram devidamente acondicionadas e transportadas para o Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, onde, nos Laboratórios de Forragicultura e de Nutrição Animal, foram processadas e analisadas.

Parte das amostras foi descongelada à temperatura ambiente, acondicionada em saco de papel e levada à estufa com circulação forçada de ar, por 72 horas, à temperatura de 55 °C. Em seguida, foram moídas em moinho de facas tipo Wiley, em peneira com malha de 1 mm, e submetidas às análises de matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, cinza, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN),

nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo a metodologia proposta por Weiss et al. (1992), com as modificações sugeridas pelo NRC (2001), conforme as equações que se seguem:

$$\text{NDT} = \text{CNFD} + \text{PBD} + (\text{AGD} \times 2,25) + \text{FDND} - 7$$

sendo:

$$\text{CNFD} = 0,98 \{100 - [(\text{FDN} - \text{PIDN})^* + \text{PB} + \text{EE} + \text{Cinza}]\} \times \text{FAP}$$

$$\text{PBD} = \text{PB} [-1,2 \times (\text{PIDA}/\text{PB})]$$

$$\text{AGD} = \text{AG} = \text{EE} - 1 \text{ . Se } \text{EE} < 1, \text{AG} = 0$$

$$\text{FDND} = 0,75 \times [(\text{FDN} - \text{PIDN})^* - \text{Lig}] \times \{1 - [\text{Lig}/(\text{FDN}-\text{PIDN})^*]^{0,667}\}$$

* se a FDN for determinada adicionando sulfito de sódio, não subtrair a PIDN

Em que:

CNFD = Carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis;

PBD = Proteína bruta verdadeiramente digestível;

AGD = Ácidos graxos verdadeiramente digestíveis;

FDND = FDN verdadeiramente digestível;

PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro;

FAP = Fator de ajuste de processamento, neste caso igual a 1;

PIDA = Proteína insolúvel em detergente ácido;

Lig = Lignina.

As análises de fibra insolúvel em detergentes neutro (FDN) e ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991) foram feitas em autoclave, conforme Pell e Schofield (1993).

A porcentagem de carboidratos totais (CHO) foi obtida pela equação: $\text{CT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{cinza})$ (Sniffen et al., 1992). Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN corrigida para seu conteúdo de cinza e proteínas (FDNcp); os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, pela diferença entre os CT e a FDNcp (Hall, 2003); e a fração C, pela FDN indigestível após 240 horas de incubação *in situ* (Casali et al., 2008). A fração B2, ou seja, a fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais para o fator quantitativo, referente aos

níveis de farelo de mandioca adicionados na ensilagem da cana-de-açúcar, e aplicação de teste F para o fator qualitativo, referente à uréia (com e sem uréia). No estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais, na escolha dos modelos foram consideradas a significância, os coeficientes de determinação e o comportamento observado para a variável em questão. Adotou-se o nível de significância de 5 % de probabilidade, utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 1999).

A composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar e do farelo de mandioca (FM) pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar e do farelo de mandioca (FM)

Item	Cana-de-açúcar										FM
	0% FM 0% U	0% FM 5,4% U	7% FM 0% U	7% FM 5,4% U	14% FM 0% U	14% FM 5,4% U	21% FM 0% U	21% FM 5,4% U	28% FM 0% U	28% FM 5,4% U	
MS	26,5	26,7	30,9	30,6	34,9	34,8	39,4	38,4	42,7	45,1	88,0
MO ¹	98,1	98,1	98,2	98,5	98,5	98,4	98,4	98,6	98,6	98,7	98,4
PB ¹	1,5	17,0	1,6	16,9	1,6	17,2	1,7	17,6	1,7	17,6	2,4
EE ¹	1,3	2,0	1,7	1,9	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,6	0,6
FDN ¹	48,8	48,2	43,5	42,0	36,2	35,7	35,4	34,7	30,0	34,1	14,7
FDNcp ¹	45,9	45,2	42,1	41,3	35,5	34,8	34,1	33,5	29,0	29,5	13,8
FDA ¹	36,5	34,9	32,1	29,9	29,1	26,8	25,0	22,7	22,4	20,1	5,4
Hem ¹	12,3	13,3	11,4	12,1	7,1	8,9	10,4	12,0	7,6	14,0	8,4
Celulose ¹	26,8	25,1	24,6	23,5	23,2	21,2	19,2	17,2	17,8	12,1	4,1
Lignina ¹	6,4	6,0	5,8	5,2	4,7	4,3	4,2	4,0	3,3	3,1	1,0
Cinza ¹	1,9	1,9	1,8	1,5	1,5	1,6	1,6	1,4	1,4	1,3	1,6
NIDN ¹	0,07	0,06	0,09	0,08	0,08	0,07	0,09	0,08	0,12	0,10	0,05
NIDA ¹	0,06	0,05	0,08	0,06	0,06	0,06	0,08	0,07	0,09	0,07	0,03
NIDN ²	24,9	2,5	39,8	3,1	35,7	3,2	36,0	3,6	37,9	4,6	14,3
NIDA ²	23,2	2,2	35,5	2,3	26,8	2,4	32,0	3,0	27,3	3,4	9,0
CT ¹	95,3	79,2	95,1	80,5	95,7	81,4	96,2	82,4	95,5	80,5	95,4
CNF ¹	46,4	32,0	52,9	39,2	60,8	45,9	60,8	47,6	66,0	46,4	81,5
pH	3,9	4,4	4,2	4,9	4,4	5,0	4,5	5,0	4,6	5,1	-
DIVMS ¹	58,3	58,7	60,6	65,3	71,1	71,7	75,7	75,9	80,7	80,8	94,8

¹% da MS.

²% do NT.

Resultados e Discussão

Os valores médios referentes aos teores de MS, MO, cinza, EE, PB, NIDN e NIDA das silagens de cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cinza, extrato etéreo (EE), nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM)

Uréia (% da MS)	Farelo de mandioca (% da MN)					CV (%) ⁴	Equação de regressão ¹
	0	7	14	21	28		
MS							
0,0	20,5	23,6	27,6	32,3	37,1	1,78	1
5,4	21,1	24,9	28,8	33,2	38,8		
MO ²							
0,0	96,8b	97,2b	97,6b	98,0a	98,0a	0,24	2
5,4	97,7a	98,0a	98,0a	97,6a	98,0a		
Cinza ²							
0,0	3,2a	2,8a	2,4a	2,0a	2,0a	9,92	4
5,4	2,3b	2,0b	2,0b	2,4a	2,0a		
EE ²							
0,0	2,0b	1,7b	1,3b	1,5b	0,9b	10,43	6
5,4	4,3a	2,5a	1,9a	1,9a	1,9a		
PB ²							
0,0	1,3b	1,7b	1,9b	1,9b	2,0b	1,59	8
5,4	18,3a	18,4a	17,9a	17,9a	18,0a		
NIDN ³							
0,0	39,5a	32,2a	27,7a	31,8a	27,7a	11,21	10
5,4	3,5b	3,6b	3,3b	3,7b	4,5b		
NIDA ³							
0,0	34,3a	28,0a	24,7a	27,3a	23,5a	9,51	12
5,4	3,1b	3,2b	2,5b	2,7b	3,2b		

Médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade.

¹Equações de regressão; $\hat{Y}_1 = 20,2472 + 0,6108 \text{ FM}$ ($R^2 = 99\%$); $\hat{Y}_2 = 96,9080 + 0,0441 \text{ FM}$ ($R^2 = 94\%$); $\hat{Y}_3 = 97,9$; $\hat{Y}_4 = 3,0920 - 0,0441 \text{ FM}$ ($R^2 = 94\%$); $\hat{Y}_5 = 2,1$; $\hat{Y}_6 = 1,5$; $\hat{Y}_7 = 4,2103 - 0,2526 \text{ FM} + 0,0062 \text{ FM}^2$ ($R^2 = 97\%$); $\hat{Y}_8 = 1,4344 + 0,0238 \text{ FM}$ ($R^2 = 82\%$); $\hat{Y}_9 = 18,1$; $\hat{Y}_{10} = 31,8$; $\hat{Y}_{11} = 3,7$; $\hat{Y}_{12} = 27,6$; $\hat{Y}_{13} = 3,0$.

²Em % da MS.

³Em % do NT.

⁴Coefficiente de variação.

Verificou-se efeito ($P < 0,05$) de uréia e de farelo de mandioca para a variável MS, observando-se valores mais elevados para as silagens com uréia. Avaliando o efeito do farelo de mandioca sobre os teores de MS, pode-se constatar aumento linear,

estimando-se acréscimo de 0,61 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 2). O aumento linear da MS nas silagens com a adição do farelo de mandioca deve-se ao maior teor de MS deste em relação à cana-de-açúcar (Tabela 1).

Foram observadas, no presente trabalho, variações entre os teores de MS antes e depois da ensilagem, verificando-se reduções de 22,6 e 21 % e de MS, para silagem controle e de 10,9 e 6,7 % no nível de 7 % de farelo de mandioca, na ausência ou na presença da uréia, respectivamente (Tabelas 1 e 2). Essas diferenças possivelmente decorreram das perdas de MS durante a fermentação.

A adição de 10 % do resíduo da colheita da soja na cana-de-açúcar aumentou a MS total em 19,9 % (5,7 unidades percentuais) em relação ao grupo controle, em trabalho conduzido por Freitas et al. (2006). No entanto, também foi observada redução do teor de MS em relação ao material original antes da ensilagem.

Os teores de MS da cana-de-açúcar *in natura* aditivada com o farelo de mandioca (Tabela 1) encontram-se dentro da faixa considerada adequada para uma boa fermentação segundo McDonald et al. (1991), já que este observou que o teor de MS para uma fermentação adequada está entre 30 e 35 %, resultando em silagens de boa qualidade.

Siqueira et al. (2007), avaliando a inclusão de 1,5 % de uréia na ensilagem de cana-de-açúcar, verificaram variação no teor de MS dessa forrageira antes da ensilagem (35,2 e 35,8 %) e depois de ensilada (27,4 e 29,1 %) para o controle e para a tratada, respectivamente. Coan et al. (2002), avaliando a composição química da cana-de-açúcar ensilada em microsilos de PVC, durante 55 dias, relataram diminuição do teor de MS (27,3 para 20,9 %).

Trabalhos de pesquisa, publicados recentemente no Brasil, revelaram que silagens de cana-de-açúcar tratadas com proporções entre 0,5 e 1,5 % de uréia propiciaram bom padrão de fermentação e melhor composição bromatológica, com teor mais elevado de MS, em comparação à silagem de cana exclusiva (Lima et al., 2002; Molina et al., 2002).

Para as variáveis MO e cinza, observou-se efeito ($P < 0,05$) da interação farelo de mandioca e uréia. As silagens com uréia apresentaram maiores valores de MO e menores de cinza, exceto para os níveis de 21 e 28 % de farelo de mandioca, nas quais não foi verificada diferença ($P > 0,05$) entre as silagens (Tabela 2).

Os teores de MO nas silagens sem uréia, aumentaram 0,044 % por unidade de farelo adicionada. Este comportamento pode ser explicado pelo baixo teor de cinza

contido no farelo de mandioca, comparado ao da cana-de-açúcar (Tabela 1), o que acarretou incremento do teor de MO. No entanto, nenhum modelo ajustou-se aos dados para as silagens com uréia, estimando-se valor médio de 97,9 %.

No tocante aos teores de cinza, a análise de regressão revelou comportamento linear decrescente ($P < 0,05$) para as silagens sem uréia, estimando-se redução de 0,044 % por unidade de farelo de mandioca adicionada, explicando os resultados supracitados. Para as silagens com uréia, nenhum modelo ajustou-se aos dados, estimando-se valor médio de 2,1 %. Ocorreu aumento do teor de cinza em relação ao material original, provavelmente, em função das perdas de constituintes celulares durante a fermentação, resultando em elevação proporcional nos valores.

Schmidt et al. (2007), trabalhando com silagem de cana-de-açúcar aditivada com 0,5 % de uréia, encontraram teores de cinza das silagens controle de 7,4 % e 6,9 % para silagem com uréia, sendo estes valores bastante superiores aos verificados no presente trabalho. No entanto, Junqueira (2006) encontrou valor de 3,6 % de cinza em silagens de cana-de-açúcar.

Houve interação ($P < 0,05$) para a variável EE, observando-se maiores valores para a silagem com uréia. Avaliando os teores de EE em função dos níveis de farelo de mandioca, para a silagem sem uréia, nenhum modelo ajustou-se aos dados, estimando-se valor médio de 1,5 %. No entanto, a análise de regressão revelou comportamento quadrático ($P < 0,05$) para a silagem com uréia, apresentando valor mínimo de 1,6 % para o nível de 20,3% de farelo de mandioca (Tabela 2).

Detectou-se efeito ($P < 0,05$) da interação farelo de mandioca e uréia para a variável PB, obtendo-se valores mais elevados nas silagens com uréia, (Tabela 2), devido ao alto teor de NNP (46 %) da uréia, contribuindo, dessa forma, para o aumento do teor de nitrogênio das silagens. A PB aumentou linearmente ($P < 0,05$), estimando-se acréscimo de 0,024 % para cada unidade de farelo mandioca adicionada nas silagens sem uréia (Tabela 2). Isto pode ser explicado pelo baixo teor de PB contido na cana-de-açúcar, comparada ao farelo de mandioca (Tabela 1), que apesar de ser baixo, contribuiu para o aumento do teor de PB das silagens. Porém, ao se avaliar os teores de PB em função dos níveis de farelo de mandioca para a silagem com uréia, nenhum modelo ajustou-se aos dados, estimando-se valor médio de 18,1 % (Tabela 2).

De acordo com Mertens (1994), para as atividades normais das bactérias ruminais, são necessárias quantidades mínimas de 6 % a 8 % de PB. Desse modo, em virtude dos seus baixos teores de PB, as silagens de cana-de-açúcar sem uréia, mesmo

com adição crescente do farelo de mandioca não garantem condições mínimas para que a atividade ruminal ocorra de forma normal.

A silagem acrescida de uréia não apresentou redução do teor de PB em comparação à forragem *in natura* adicionada de uréia, apresentando alta recuperação de nitrogênio. Já na silagem controle sem uréia, observou-se redução de 13,3 % (Tabelas 1 e 2). Segundo Nussio et al. (2004), a recuperação de nitrogênio nas silagens aditivadas com uréia é geralmente alta (acima de 70 %), o que deve ser computado como benefício adicional na escolha do aditivo.

Do ponto de vista nutricional e econômico, a alta recuperação do N aplicado na ensilagem é positiva; contudo, do ponto de vista fermentativo, para silagens de cana-de-açúcar, a baixa produção de amônia é desvantajosa, uma vez que a amônia é usada na mudança de rota metabólica das leveduras (Gutierrez, 1997), inibindo a fermentação alcoólica e beneficiando à conservação.

Siqueira et al. (2007), avaliando a inclusão de 1,5 % de uréia na ensilagem de cana-de-açúcar, verificaram aumento do teor de PB de 1,7 % na silagem controle para 13,9 % na silagem tratada, sendo o valor encontrado menor em relação ao do presente estudo, utilizando o mesmo nível de uréia.

Observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre os níveis de farelo de mandioca e uréia, para as variáveis NIDN e NIDA, observando-se menores valores destes constituintes para a silagem com uréia. Ao se avaliar os teores de NIDN e NIDA em função dos níveis de farelo de mandioca, para a silagem sem e com uréia, nenhum modelo ajustou-se aos dados, estimando-se valores médios de 31,8 e 3,7 % e 27,6 e 3,0 %, respectivamente (Tabela 2). Essa inferioridade nos valores do NIDN e NIDA pode ter decorrido por efeito de diluição, resultante da inclusão de nitrogênio solúvel (uréia), diluindo, assim, estes constituintes nas silagens.

Lopes (2006) trabalhando com silagem de cana-de-açúcar aditivada com 1,5 % de uréia e 0,5 % de uréia + 0,4 % de raspa de mandioca, encontraram valores de NIDN de 21,4 e 33,0 %, respectivamente, sendo, portanto, os resultados encontrados no presente trabalho para as silagens com uréia, bastante inferior ao resultado observado pelo autor, com a mesma proporção do aditivo.

Siqueira et al. (2007) encontraram teor de 8,7 % de NIDN para as silagens tratadas com 1,5 % de uréia contra 55,8 % para silagem controle. Já Rocha Jr. et al. (2003), encontraram valor de 5,7 % de NIDN na cana-de-açúcar tratada com 1 % de uréia.

De acordo com Van Soest (1994), o NIDN da silagem resulta da complexação do N com açúcares redutores, ou seja, da reação de Maillard, cuja ocorrência está relacionada ao aumento de temperatura da massa ensilada.

Os valores médios referentes aos teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDN isenta de cinza e proteína (FDN_{CP}), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina das silagens de cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDN_{CP}), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM)

Uréia (% da MS)	Farelo de mandioca (% da MN)					CV (%) ³	Equação de regressão ¹
	0	7	14	21	28		
FDN ²							
0,0	73,8	56,5	45,7	38,3	34,0	4,19	14
5,4	68,6	52,2	43,4	36,5	30,9		
FDN _{CP} ²							
0,0	74,6a	56,1a	44,5a	36,3a	34,5a	1,14	15
5,4	67,5b	53,0b	43,2b	35,4b	29,6b		
FDA ²							
0,0	44,9	33,3	26,6	22,2	18,6	4,19	17
5,4	41,8	31,3	24,8	20,4	16,8		
Hemicelulose ²							
0,0	28,9	23,2	19,1	16,1	15,4	9,29	18
5,4	26,8	20,9	18,6	16,1	14,1		
Celulose ²							
0,0	36,7	27,4	21,7	18,2	15,3	5,52	19
5,4	34,7	26,5	20,8	16,6	13,7		
Lignina ²							
0,0	8,0	5,6	4,5	3,8	3,2	7,83	20
5,4	7,5	5,8	4,4	3,3	2,8		

Médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade.

¹Equações de regressão; $\hat{Y}_{14} = 66,8746 - 1,3496 \text{ FM}$ ($R^2 = 91\%$); $\hat{Y}_{15} = 69,1972 - 1,4277 \text{ FM}$ ($R^2 = 91\%$); $\hat{Y}_{16} = 64,4688 - 1,3378 \text{ FM}$ ($R^2 = 97\%$); $\hat{Y}_{17} = 40,5262 - 0,8903 \text{ FM}$ ($R^2 = 98\%$); $\hat{Y}_{18} = 26,3490 - 0,4594 \text{ FM}$ ($R^2 = 89\%$); $\hat{Y}_{19} = 33,5602 - 0,7428 \text{ FM}$ ($R^2 = 98\%$); $\hat{Y}_{20} = 7,2280 - 0,1675 \text{ FM}$ ($R^2 = 96\%$)

²Em % da MS.

³Coefficiente de variação.

Constatou-se efeito ($P < 0,05$) de uréia e de farelo de mandioca para as variáveis FDN e FDA. Já para a variável FDN_{CP}, observou-se interação ($P < 0,05$) entre os níveis de farelo de mandioca e uréia (Tabela 3), verificando-se menores valores destas frações nas silagens com uréia. Avaliando o efeito do farelo de mandioca sobre os teores de

FDN e FDA, pode-se constatar redução linear ($P < 0,05$), estimando-se decréscimo de 1,3 % e 0,89 %, respectivamente, para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. Os teores de FDN_{ncp} decresceram linearmente ($P < 0,05$) em ambas silagens, em função dos níveis crescente do farelo de mandioca, estimando-se redução de 1,4 % para silagens sem uréia e 1,3 % para a silagens com uréia. O decréscimo destes constituintes nas silagens deve-se aos menores teores destas frações no farelo de mandioca em relação à cana-de-açúcar (Tabela 1).

Quando a fração fibrosa é comparada à cana-de-açúcar antes da ensilagem, constata-se um aumento destes constituintes nas silagens (Tabelas 1 e 3). Isto se deve a utilização de carboidratos solúveis durante processo de fermentação.

Andrade et al. (2001a), trabalhando com silagem de cana-de-açúcar tratada com 0,5 % de uréia e acrescida de 40, 80 e 120 kg de rolão de milho/t de cana, verificaram redução de 0,06 nos teores de FDN das silagens, com a inclusão do aditivo absorvente.

Lopes (2006) encontrou valores de 63,6 e 67,6 % de FDN e 39,4 e 41,6 % de FDA, em silagens de cana-de-açúcar tratada com 0,5 % de uréia + 0,4 % de fubá e 0,5 % de uréia + 0,4 % de raspa de mandioca, respectivamente. O menor teor de FDN, em relação ao tratamento controle (71,8 %), foi verificado no tratamento uréia-fubá.

Schmidt et al. (2007), avaliando o efeito da inclusão de 0,5 % de uréia na silagem de cana-de-açúcar sobre a composição químico-bromatológica, observaram que os teores de FDN e FDA foram influenciados pelo uso da uréia na silagem, apresentando menores teores (61,5 e 39,4 %), respectivamente, contra 66,0 e 42,8 % da silagem sem aditivo.

Roth et al. (2005) observaram maiores teores de FDA com adição de níveis crescentes de uréia, variando de 48,7 %; 53,8 %; 52,0 % e 52,5 % na MS, respectivamente, para as doses de uréia de zero, 0,5 %; 1,0 % e 2 % de uréia na matéria verde (MV) da cana ensilada.

Segundo Van Soest (1994), a fração fibrosa do material ensilado pode ser acrescida porcentualmente em condições de intensa formação de efluentes durante o processo fermentativo, no qual os componentes solúveis em água são reduzidos proporcionalmente ao aumento da 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 carboidratos solúveis na forma de gases durante a fermentação, o que resulta também na produção de água, diminuindo o teor de MS da

forragem. Segundo Zago (1991) as modificações no processo fermentativo podem reduzir o teor de MS, como consequência da produção da “água de metabolismo” e aumentar a porcentagem de FDN e FDA na MS.

Verificou-se efeito ($P < 0,05$) de uréia e de farelo de mandioca para as variáveis hemicelulose, celulose e lignina, observando-se menores valores destes constituintes nas silagens com uréia. Estes constituintes foram influenciados ($P < 0,05$) pela adição de farelo de mandioca, cujos valores decresceram linearmente, estimando-se reduções de 0,46; 0,74 e 0,17 %, respectivamente, para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 3).

A uréia dentro do silo, em decorrência da ação da urease, é convertida a amônio, que, ao se ligar à água, forma o hidróxido de amônio capaz de solubilizar os componentes da parede celular, principalmente a hemicelulose, reduzindo a FDN do material (Reis et al., 1990), o que reflete positivamente na digestibilidade dos constituintes celulares (Sundstol et al., 1982).

Lopes (2006) observou decréscimo de 7,9; 6,1 e 4,3 unidades percentuais nos teores de hemicelulose nas silagens aditivadas com 1,5 % de uréia, 0,5 % de uréia + 0,4 % de fubá e 0,5 % de uréia + 0,4 % de raspa de mandioca, respectivamente, em relação ao tratamento controle.

McDonald et al. (1991), avaliando diversas silagens, verificaram que, ao se esgotarem os carboidratos solúveis, a hemicelulose pode servir de substrato para as bactérias fermentadoras. Esta disponibilização extra de substrato, aliada à comprovada capacidade inibitória que a amônia exerce sobre as leveduras, pode garantir uma maior colonização do material por bactérias ácido lácticas, resultando em um produto final de melhor qualidade.

Lopes (2006), não observou efeito dos tratamentos uréia, fubá e raspa de mandioca sobre os teores de lignina e celulose, que apresentaram valores médios de 12,8 e 29,6 % na MS, respectivamente. O autor explica que a não alteração dessas frações se deve possivelmente, à maior complexidade entre as ligações das suas moléculas, o que dificulta sua solubilização pela uréia. De acordo com Reis et al. (1990), na literatura, é amplamente discutida a inconsistência do efeito da uréia sobre a fração lignina e celulose.

Os valores médios referentes à digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens de cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM)

Uréia (% da MS)	Farelo de mandioca (% da MN)					CV (%) ³	Equação de regressão ¹
	0	7	14	21	28		
DIVMS ²							
0,0	28,3b	52,7a	64,7a	72,7a	77,0a	3,54	21
5,4	36,5a	49,6a	60,5b	70,5a	77,7a		22
NDT ²							
0,0	60,0a	66,5a	69,8a	73,0a	73,9a	1,17	23
5,4	48,7b	52,4b	56,0b	60,6b	60,5b		24

Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade. Equações de regressão¹: $\hat{Y}_{21} = 35,6312 + 1,6772 \text{ FM}$ ($R^2 = 90\%$); $\hat{Y}_{22} = 38,3144 + 1,4755 \text{ FM}$ ($R^2 = 99\%$); $\hat{Y}_{23} = 61,7480 + 0,4909 \text{ FM}$ ($R^2 = 93\%$); $\hat{Y}_{24} = 49,2612 + 0,4555 \text{ FM}$ ($R^2 = 95\%$).

² Em % da MS.

³ Coeficiente de variação.

Constatou-se efeito ($P < 0,05$) da interação farelo de mandioca e uréia para a variável DIVMS, verificando-se diferença estatística apenas para as silagens sem farelo de mandioca e para o nível de 14 %. A DIVMS aumentou linearmente ($P < 0,05$) com a adição do farelo de mandioca, tanto na ausência quanto na presença da uréia, estimando-se acréscimo de 1,7 e 1,5 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada, respectivamente, (Tabela 4). Isto se deve, provavelmente, ao maior conteúdo de CNF do farelo de mandioca em relação à cana-de-açúcar (Tabela 1).

Analisando os valores da cana *in natura* e depois de ensilada, observou-se redução da DIVMS de 59,2 para 28,3 % e 58,7 para 36,5 % das silagens controle, sem e com uréia, respectivamente, (Tabelas 1 e 2). Essa redução da DIVMS das silagens pode ser atribuída ao incremento do teor da FDA das mesmas, pois, segundo Mertens (1982), este componente da parede celular é inversamente correlacionado com a digestibilidade da MS.

Siqueira et al. (2007) constataram redução da DIVMS da cana-de-açúcar antes da ensilagem, de 52,6 e 53,2 % para 35,1 e 37,7 % após a ensilagem do tratamento controle e com 1,5% de uréia, respectivamente, sendo estes valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

Junqueira (2006), avaliando níveis de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar, observou elevação da DIVMS em função dos níveis crescentes de 1,0; 1,5 e 2,0 % de uréia na MV (60,3; 61,4 e 62,4 %, respectivamente).

De acordo com Merchen e Bourquin (1994), o tratamento da forragem com substâncias hidrolíticas, como a uréia, resulta em consideráveis alterações na estrutura e composição da parede celular, com solubilização parcial da hemicelulose, aumentando a extensão da degradação dos polissacarídeos.

Para a variável NDT, observou-se efeito ($P < 0,05$) da interação farelo de mandioca e uréia, constatando-se maiores valores nas silagens sem uréia. Os teores de NDT aumentaram linearmente ($P < 0,05$), para silagem sem e com uréia, estimando-se acréscimo de 0,49 e 0,46 %, respectivamente, para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. Isto se deve ao alto valor energético do farelo de mandioca, contribuindo para elevação do NDT das silagens (Tabela 4).

De acordo com Cereda (1994), os resíduos da extração da fécula apresentam 75% de amido, podendo este material vir a se constituir um aditivo energético promissor na silagem de cana-de-açúcar.

Lopes (2006) observou valores de NDT de 47,3; 50,9 e 46,4 % nas silagens aditivadas com 1,5 % de uréia, 0,5 % de uréia + 0,4 % de fubá e 0,5 % de uréia + 0,4 % de raspa de mandioca, respectivamente.

Andrade et al. (2001b) determinaram o valor nutritivo da cana-de-açúcar adicionada de rolão de milho (4; 8 e 12 % da MV) e não observaram melhorias no valor nutritivo das forragens, concluindo que o baixo teor de proteína bruta limitou o consumo do alimento. Entretanto a utilização de aditivos absorventes que possuam valor nutritivo superior ao apresentado pela forragem a ser ensilada deve ser sempre cogitada, uma vez que, além de possibilitar um melhor perfil fermentativo da forragem, possuem a capacidade de elevar o valor nutritivo da silagem. Em outro estudo, Andrade et al. (2001a) ensilaram a cana-de-açúcar utilizando os mesmos níveis de rolão de milho acima citados, e adicionaram uréia em todos os tratamentos (0,5 % MV), observando efeitos significativos no consumo de MS e NDT. Isso comprova que a adoção da uréia, juntamente com o aditivo absorvente, é capaz de melhorar o valor nutritivo da cana-de-açúcar ensilada.

Os teores médios de carboidratos totais, carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), e a fração indigestível da parede celular encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Teores médios de carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2) e fração indigestível da parede celular (C) da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM)

Uréia (% da MS)	Farelo de mandioca (% da MN)					CV (%) ⁴	Equação de regressão ¹
	0	7	14	21	28		
CT ²							
0,0	93,6a	93,8a	94,3a	94,7a	95,1a	0,72	25
5,4	75,2b	77,4b	78,1b	79,9b	78,1b		26
A + B1 ³							
0,0	20,1a	40,2a	52,8a	61,6a	63,7a	1,56	27
5,4	10,2b	31,5b	44,7b	55,7b	62,1b		28
B2 ³							
0,0	28,3b	18,5b	13,9b	9,9b	12,5a	6,64	29
5,4	32,3a	20,7a	20,5a	14,7a	12,0a		30
C ³							
0,0	51,4b	41,3b	33,3b	28,4b	23,8a	2,64	31
5,4	57,7a	47,8a	34,8a	29,6a	25,9a		32

Médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Equações de regressão¹: $\hat{Y}_{25} = 93,5532 + 0,0533 \text{ FM}$ ($R^2 = 99\%$); $\hat{Y}_{26} = 75,0895 + 0,4005 \text{ FM} - 0,0101 \text{ FM}^2$ ($R^2 = 89\%$); $\hat{Y}_{27} = 26,0952 + 1,5455 \text{ FM}$ ($R^2 = 91\%$); $\hat{Y}_{28} = 15,1960 + 1,8314 \text{ FM}$ ($R^2 = 96\%$); $\hat{Y}_{29} = 28,2783 - 1,6087 \text{ FM} + 0,0369 \text{ FM}^2$ ($R^2 = 99\%$); $\hat{Y}_{30} = 29,3396 - 0,6665 \text{ FM}$ ($R^2 = 90\%$); $\hat{Y}_{31} = 49,2532 - 0,9722 \text{ FM}$ ($R^2 = 97\%$); $\hat{Y}_{32} = 55,4628 - 1,1647 \text{ FM}$ ($R^2 = 95\%$).

² Em % da MS.

³ Em % do CT.

⁴ Coeficiente de variação.

Constatou-se efeito ($P < 0,05$) da interação farelo de mandioca e uréia para a variável CT, observando-se maiores valores nas silagens sem uréia. Avaliando o efeito do farelo de mandioca sobre os teores de CT, verificou-se aumento linear ($P < 0,05$) desta fração na silagem sem uréia. No que concerne à silagem com uréia, o estudo da análise de regressão apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$), constatando-se valor máximo de 82,8 % para o nível de 19,8 % de farelo de mandioca (Tabela 5). Os teores de carboidratos são influenciados pelos valores de PB e EE, haja vista a utilização dessas variáveis para determinação dos CHO. Portanto, como as silagens com uréia possuíam maiores valores desses nutrientes, principalmente de PB (Tabela 2), haja vista a contribuição da uréia para aumentar o teor de nitrogênio das silagens, estas apresentaram menores frações de CT. A contribuição do farelo de mandioca para aumentar os teores dos CT, pode ser explicada pelos baixos teores de EE e PB presente neste aditivo (Tabela 1).

Pontes (2007) observou queda de aproximadamente 6,0 unidades percentuais no teor de CT, advinda da adição de 0,5 % de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar.

Para a fração A + B1 (% CT), verificou-se efeito ($P < 0,05$) da interação farelo de mandioca e uréia, observando-se maiores valores nas silagens sem uréia. Por meio da análise de regressão, observou-se comportamento linear crescente ($P < 0,05$) para as silagens sem e com uréia, estimando-se acréscimo de 1,5 e 1,8 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 5). Os menores teores da fração A+B1 nas silagens com uréia podem ser explicados pela diminuição dos teores de CT, devido aos altos teores de PB destas silagens. O aumento da fração A+B1 com adição do farelo de mandioca pode ser justificado pelo alto teor de CNF e menor teor de FDN contido neste aditivo (Tabela 1). Assim, como esta fração é constituída de açúcares solúveis e amido, ou seja, pela diferença entre CT e FDNcp (Hall, 2003), provavelmente os altos valores CNF incrementaram as concentrações desta fração.

Cabral et al. (2000) encontraram, na cana-de-açúcar, valor de 35,9 % da fração A + B1, sendo este valor igual ao verificado por Pereira et al. (2000), de 35,9 % para a mesma fração.

Siqueira et al. (2007) observaram valores de 5,1 % de CNF em silagem de cana-de-açúcar aditivada com 1,5 % de uréia, sendo o valor encontrado no presente estudo para silagem controle (10,2 %) superior, para o mesmo nível do aditivo. No entanto, Lopes (2006) encontrou valores de 9,7; 19,3 e 15,5 % de CNF para silagens de cana-de-açúcar aditivada com 1,5 % de uréia, 0,5 % de uréia + 0,4 % de fubá e 0,5 % de uréia + 0,4 % de raspa de mandioca, respectivamente.

Segundo Carvalho et al. (2007), alimentos com elevada proporção de fração A+B1 são considerados boas fontes de energia para o crescimento de microrganismos que utilizam CNF. Contudo, é necessária a inclusão de fontes protéicas de rápida e média degradação no rúmen, quando a fração A+B1 compõe a principal fração dos carboidratos da dieta, objetivando a sincronização entre a liberação de energia e nitrogênio (Valadares Filho, 2000).

No que concerne à fração B2 (% CT), verificou-se interação ($P < 0,05$) entre uréia e níveis de farelo de mandioca. Analisando o efeito de uréia dentro dos níveis de farelo de mandioca, não foi verificada diferença ($P > 0,05$) apenas para o nível 28 % de farelo de mandioca, sendo atribuídos maiores valores dessa fração para as silagens com uréia. Estudando os valores da fração B2 em função dos níveis de farelo de mandioca, constatou-se, por meio da análise de regressão, comportamento quadrático ($P < 0,05$)

para silagem sem uréia, estimando-se valor mínimo no nível de 21,7 % de farelo de mandioca. Para silagem com uréia, verificou-se efeito linear ($P < 0,05$) decrescente, estimando-se redução de 0,67 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 5). Os maiores valores da fração B2, nas silagens produzidas com a adição de uréia, representam uma maior disponibilidade de carboidratos fibrosos potencialmente digestíveis. Este comportamento pode ser justificado, com conseqüentes alterações benéficas sobre os constituintes da parede celular com adição da uréia na ensilagem, em função da redução dos teores de FDN e FDA quando comparados às silagens sem uréia (Tabela 3). Provavelmente, o decréscimo da fração B2 em função do farelo de mandioca, deva-se ao baixo teor de FDN contido no resíduo (Tabela 1), causando efeito de diluição desta fração, pois segundo Malafaia et al. (1998) o valor da fração B2 nos alimentos está intimamente relacionado ao teor de FDN.

De acordo com Reis et al. (1993), os produtos alcalinos agem sobre a fração fibrosa dos volumosos, promovendo ruptura das pontes de hidrogênio, levando à expansão das moléculas de celulose, que se tornam mais susceptíveis à ação das enzimas celulolíticas. Provocam, ainda, a solubilização da hemicelulose em função do rompimento das ligações do tipo éster da hemicelulose com a lignina.

Pereira et al. (2000) encontraram maior fração B2 na cana-de-açúcar (41,3 %) do que no presente estudo.

Para a fração C (% CT), observou-se interação ($P < 0,05$) entre uréia e níveis de farelo de mandioca. Analisando o efeito de uréia dentro dos níveis de farelo de mandioca, não foi verificada diferença ($P > 0,05$) apenas para o nível 28 % de farelo de mandioca, sendo atribuídos maiores valores dessa fração para as silagens com uréia. A fração C reduziu linearmente ($P < 0,05$) com a adição de farelo de mandioca, tanto na ausência quanto na presença de uréia, estimando-se decréscimo de 0,97 e 1,2 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada, respectivamente, (Tabela 5). Os maiores teores da fração C nas silagens com uréia podem ser explicados pelos menores teores de CT, uma vez que o cálculo dessa fração é baseado nos CT e não na MS, portanto, superestimando essa fração nas silagens com uréia, já que as mesmas apresentam menores teores (75,2 %), devido ao alto teor de PB, que é descontado no cálculo de CT, quando comparadas com as silagens sem uréia (93,6 %). Possivelmente, a redução nos valores da fração C com a adição de farelo de mandioca, deva-se ao baixo teor de lignina contido no resíduo, interferindo positivamente nos valores da fração C, a qual possui efeito na repleção ruminal, acarretando menor disponibilidade energética,

em virtude de sua característica de indigestibilidade, promovendo menor consumo potencial por unidade de tempo (Van Soest, 1994).

De acordo com Norton (1982), a lignina constitui-se em um polímero fenólico que se associa aos carboidratos estruturais, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular, consistindo no componente que mais limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular no rúmen (Jung e Deetz, 1993).

O efeito de repleção ruminal é o tempo de renovação das frações que compõem determinado alimento, sendo logicamente aplicado aos constituintes da parede celular (Van Soest, 1994) e, por conseguinte, importante medida mecanicista utilizada para avaliar o efeito da FDN e suas frações sobre a retenção da digesta no rúmen (Vieira et al., 1997).

Cabral et al. (2000) verificaram valor de 42,5 % de fração C na cana-de-açúcar, atribuindo o alto valor encontrado à elevada concentração de lignina, e a elevada fração CNF, principalmente, à alta concentração de açúcares solúveis (mono e dissacarídeos) em seu colmo.

Conclusões

A associação da uréia com o farelo de mandioca na ensilagem de cana-de-açúcar melhora a composição químico-bromatológica, pois aumenta o teor de matéria seca e reduz os teores de fibra da silagem, aumentando a sua digestibilidade.

A adição de farelo de mandioca aumenta a fração A + B1 e diminui as frações B2 e C. Recomenda-se, portanto, o nível de 14 % de farelo de mandioca em porcentagem da matéria natural na ensilagem da cana-de-açúcar, pois níveis mais elevados reduzem a fração B2, sendo esta uma importante fonte de energia para ruminantes.

Literatura Citada

- 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**, Brasília, v.36, n.9, p.1169-1174, set. 2001a.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI Jr, E.; POSSENTI, R.A. et al. Valor nutritivo de cana-de-açúcar adicionada de rolão de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001b. CD-ROM
- 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 1)
- CARVALHO, G.G.P; GARCIA, R; PIRES, A.J.V. et al. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurhecido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007 (suplemento).
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- CEREDA, M.P. **Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca**. In: Cereda, M.P. (Ed.) Resíduos da industrialização da mandioca. Botucatu. 1994. p. 11-50.
- 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: SBZ, 2002. CD-ROM.
- FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.
- FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal Animal Science**, v.70, n.12, p.3578-3596, 1992.
- FRANÇA, A.F.S.; MELLO, S.Q.S; ROSA, B. et. al. Avaliação do potencial produtivo e das características químico-bromatológicas de nove variedades de cana-de-açúcar irrigada. **Livestock Research for Rural Development**, v.17, art.7, 2006.
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. et al. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.35, n.1, p.38-47, 2006.
- GUTIERREZ, L.E. **Bioquímica de leveduras**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 270p.
- HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, p.3226–3232, 2003.

- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATIFIELD, R.D. et al. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. Society of America, 1993. p.315-46.
- JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2006. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2006.
- 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: SBZ, 2002. CD-ROM.
- LOPES, J. **Qualidade da silagem de cana-de-açúcar elaborada com diferentes aditivos**. 2006 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.790-796, 1998.
- MARQUES, J.A.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. et al. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1528-1536, 2000.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.
- 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.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of America, 1994. p.450-493.
- MERTENS, D.R. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations. In: **Proceeding gainut conference for the feed industry**, 1982, Athens University of Georgia. p. 116-126.
- MOLINA, L.R.; FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C. et al. Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar submetida a diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.
- NORTON, B.W. Differences between species in forage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.). **Nutritional limits to animal production from pastures**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p.89-110.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001. 450p.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE

- FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004 Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p. 1-33
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 122 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- 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, 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
- PEREIRA, J.R.A.; ROSSI JR., P.P. **Manual de avaliação nutricional de alimentos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. 34p.
- PONTES, R. A. M. **Cana-de-açúcar “*in natura*” ou ensilada com óxido de cálcio e uréia em dietas de ovinos**. 2007 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. MG.
- PRESTON, T. R. **Nutritive value of sugar cane for ruminants**. Tropical Animal Production, v.2, n.2, p.125-142, 1977.
- RAVELO, G.; McLEOD, N. A.; PRESTON, T. R. **Sugar cane ensiled with urea or ammonia**. Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia,[2002] CD-ROM.
- REIS, R.A.; GARCIA, R.; SILVA, D.J. Efeito da aplicação de amônia anidra sobre a composição química e digestibilidade de *in vitro* de fenos de três gramíneas tropicais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.3, p.219-224, 1990.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. et al. Amonização de resíduos de culturas de inverno. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.5, p. 787-793, 1993.
- ROCHA JR., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.473-479, 2003.
- ROTH, M.T.P.; GUSTAVO, G.R.; RICARDO, R.A. et al. Ensilagem da cana-de-açúcar (“*Saccharum officinarum*”L.) tratada com doses de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.
- SAS-STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS user’s guide**. Cary: 1999. v.8, 295p.
- SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; NUSSIO, L. G.; PEDROSO, A. F.; PAZIANI, S. F.; WECHSLER, F. S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007 (supl.)

- SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, E.J.A. **Efeitos da aeração ou do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar**. Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2007. 76p Tese (mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2007.
- SILVEIRA, R.N. da.; 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.
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; ITURRINO, R.P.S. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- SUNDSTOL, F.; COXWORTH, E.; MONTH, D.N. Improving the nutritive value of straw and other low quality forages by treatment with ammonia. **World Animal Review**, v.26, p.13-22, 1982.
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267-338.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. The influence of elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety) growth on the nutrient kinetics in the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, n.2-3 p.151-161, 1997.
- WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.39, p.95-110, 1992.
- 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.

Características Fermentativas e Perdas na Silagem de Cana-de-Açúcar Com Uréia e Farelo de Mandioca

Resumo: O experimento foi desenvolvido para avaliar os efeitos da uréia e do farelo de mandioca sobre as características fermentativas e as perdas por gases e efluente da silagem de cana-de-açúcar. Foi adotado o esquema fatorial 2 x 5, sendo dois níveis de uréia (0 e 5,4 % da matéria seca) e cinco níveis de farelo de mandioca (0, 7, 14, 21 e 28 % da matéria natural). Foram utilizados silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, para a produção das silagens, os quais foram abertos após 30 dias. A uréia e o farelo de mandioca elevaram os valores de matéria seca (MS). Já a associação uréia e farelo de mandioca reduziu as perdas de MS por gases e efluente e aumentou a recuperação de MS. Em relação às variáveis inerentes às características fermentativas das silagens, a associação uréia e farelo de mandioca resultou em silagens com maiores valores de pH, porém dentro da faixa considerada ideal para uma boa fermentação, e menores teores de ácido lático e de nitrogênio amoniacal (NH₃). Para os teores de ácido butírico e etanol, a análise de regressão revelou que nenhum modelo ajustou-se aos dados. No entanto, para o teor de ácido propiônico, verificou-se efeito linear decrescente em função dos níveis de farelo de mandioca adicionados, e efeito quadrático para o teor de ácido acético na silagem com uréia, não sendo observado efeito na silagem sem o aditivo. As adições de uréia e do farelo de mandioca propiciaram silagens de melhor qualidade, haja vista as menores perdas de MS por gases e por efluente, bem como a maior recuperação de MS e menor teor de NH₃.

Fermentation Characteristics and Losses of Sugar Cane Silage With Urea and Cassava Meal

Abstract: The experiment was developed to evaluate the effects of urea and cassava meal levels on the fermentation characteristics and the losses of gases and effluent of sugar cane silage. The 2 x 5 factorial was adopted, with two urea levels (0 and 5.4 % of dry matter) and five cassava meal levels (0; 7; 14; 21; and 28 % of natural matter). PVC silos with 50 cm height and 10 cm diameter were used for silages production, which were opened after 30 days. The urea and cassava meal increased the dry matter (DM) values. The association urea and cassava meal reduced the DM losses by gases and effluent and increased the DM recovery. Regarding the variables inherent to the fermentation characteristics of the silages, the association urea and cassava meal resulted in silages with greater pH values, but within the range considered ideal for a good fermentation, and smaller lactic acid and ammonia nitrogen (NH₃) contents. For the butyric acid and ethanol contents, the regression analysis revealed that no model fitted the data. However, for propionic acid content, it was verified decreasing linear effect in function of cassava meal levels added and quadratic effect for acetic acid content in the silage with urea, with no effect observed in the silage without the additive. The additions of urea and cassava meal propitiated silages of better quality, considering the smaller DM losses by gases and effluent, as well as the greater DM recovery and the smaller NH₃ content.

Key words: forage conservation, effluent, fermentation, *Saccharum officinarum* L., byproduct

Introdução

A conservação de cana-de-açúcar na forma de silagem tem despertado o interesse de pesquisadores e produtores, sobretudo em virtude dos benefícios de operacionalidade desta técnica.

De acordo com Nussio et al. (2006), a utilização da cana-de-açúcar como volumoso suplementar baseia-se em critérios econômicos, por constituir-se em opção competitiva. A cana-de-açúcar tem apresentado resultados que asseguram sua posição consolidada, prevalecendo como uma das opções mais interessantes para minimizar o custo das rações.

A maioria das forrageiras ensiladas apresenta problemas para alcançar um processo fermentativo adequado devido ao seu baixo conteúdo de carboidratos solúveis. Com a cana-de-açúcar a situação é inversa, visto que há abundância desses carboidratos, o que estimula não só a ocorrência de fermentação ácido-lática no material ensilado, como também a fermentação alcoólica (Preston et al., 1976).

Os maiores problemas observados na ensilagem de cana-de-açúcar são decorrentes da intensa atividade de leveduras que convertem os carboidratos solúveis em etanol, gás carbônico e água, levando a grande perda de carboidratos solúveis, baixos teores de ácidos lático e acético e aumento do teor de fibra (Alli et al., 1982). De acordo com McDonald et al. (1991), o etanol produzido nas silagens pode acarretar perdas de até 48 % de MS.

De acordo com Evangelista et al. (2004), somente o baixo pH final não garante que a atividade dos microrganismos indesejáveis, em especial enterobactérias e clostrídios, 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.

Na silagem de cana-de-açúcar, apenas a produção de ácido lático não representa eficiência de conservação, pois as leveduras são capazes de assimilar este ácido e produzir etanol (Walker, 1999). Já, o ácido acético, que, na maioria das vezes, é um produto indesejável, tem como função, nessas silagens, inibir o crescimento de leveduras, o que é fundamental, pois, as leveduras, são os principais responsáveis pela

produção de CO₂ durante a fermentação dos carboidratos solúveis a etanol (Siqueira et al., 2007a).

Embora não seja problema para uma boa parte das cultivares atuais de cana-de-açúcar, silagens produzidas com forragens contendo baixo teor de MS desencadeiam perdas por drenagem e propiciam o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, devido ao excesso de umidade da forragem. O desenvolvimento de tais bactérias produz fermentações secundárias indesejáveis, havendo a formação de ácido butírico, o qual caracteriza silagens de baixa qualidade. Quando há formação de ácido butírico ocorre, concomitantemente, degradação de proteína e ácido láctico (McDonald e Henderson, 1981).

Talvez, a produção elevada de etanol, com a conseqüente redução do valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, seja a principal dificuldade apresentada por essa tecnologia, e o maior desafio da pesquisa na busca por processos específicos que controlem adequadamente a população e a atividade de leveduras, sem prejuízo da qualidade da silagem e do desempenho animal (Nussio et al., 2003).

Aditivos químicos e absorventes de umidade têm sido utilizados no intuito de evitar o desenvolvimento de leveduras, com vistas ao controle da produção de etanol.

A uréia, quando em contato com a forragem ensilada, é hidrolizada a amônia, que tem efeito inibidor sobre a população de leveduras e mofos, mostrando-se capaz de reduzir a produção de etanol e as perdas de MS e de CHO's em silagem de cana-de-açúcar (Alli et al., 1983).

Apesar do crescente número de produtores adeptos à ensilagem da cana-de-açúcar, ainda são escassas as informações sobre a qualidade destas silagens submetidas a diferentes aditivos. Dentre os vários aditivos utilizados como absorventes de umidade, o farelo de mandioca possui características que podem beneficiar a qualidade final da silagem, principalmente seu alto teor de MS, contribuindo para a elevação da MS na silagem e, como conseqüência, reduzindo as prováveis perdas de valor nutritivo por efluente.

Objetivou-se, com este experimento, determinar as características fermentativas e as perdas por gases e efluente da cana-de-açúcar ensilada com uréia e farelo de mandioca.

Material e Métodos

Foi utilizada a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), variedade RB72454 (14 meses de crescimento) com teor de MS de 28 %, proveniente de um canavial já estabelecido e localizado no *Campus*, pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, na cidade de Itapetinga, BA, para a produção das silagens. O valor do grau Brix da cana-de-açúcar foi determinado por um refratômetro de campo e apresentou valor médio de 16°.

Adotou-se um esquema fatorial 2 x 5, sendo dois níveis de uréia, 0 e 5,4 % da matéria seca (o equivalente a 1,5 % da matéria natural), e cinco níveis do farelo de mandioca, 0, 7, 14, 21 e 28 % da matéria natural, com cinco repetições, no delineamento inteiramente casualizado.

O material foi picado em ensiladora, regulada para cortar a forragem em partículas de aproximadamente 2 cm. Os aditivos foram adicionados logo após o corte da cana-de-açúcar e seu fracionamento na ensiladora, sendo a proporção de uréia adicionada em relação à matéria seca, e a de farelo de mandioca à massa verde.

Depois de homogeneizado a cana-de-açúcar, as quantidades de uréia e de farelo de mandioca correspondentes a cada nível de inclusão, o material foi armazenado em silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen, para saída de gases oriundos da fermentação. No fundo de cada silo foi colocado 1,5 kg de areia fina seca, separada da silagem por uma tela para captar o possível efluente gerado durante o processo de ensilagem. A compactação foi realizada de modo a se obter densidade de 700 kg.m^{-3} , para isso, determinou-se o volume do silo experimental e pesou-se a quantidade de forragem necessária para obter a densidade desejada. Após a ensilagem os silos foram vedados e pesados.

Após o período de armazenamento de 30 dias, os silos foram novamente pesados para se obter as perdas de matéria seca por gases, e em seguida foram abertos para a retirada da silagem e pesagem da areia do fundo do silo para se obter as perdas por efluente.

Após a coleta da silagem, procedeu-se, então, o congelamento do material para posteriores análises. Essas amostras foram devidamente acondicionadas e transportadas para o Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, onde, nos Laboratórios de Forragicultura e de Nutrição Animal, foram processadas e analisadas.

Para análise de pH, foram colhidas amostras *in natura* (25 g), às quais foram adicionados 100 mL de água destilada, e, após repouso por 2 horas, efetuou-se a leitura do pH, utilizando-se um potenciômetro. Outra amostra de 50 g foi triturada com 200 mL de água destilada, em liquidificador industrial, e filtrada em gaze para extração do meio aquoso, que foi utilizado imediatamente para análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃). O teor de N-NH₃, como porcentagem do N-Total, foi dosado imediatamente, utilizando-se óxido de magnésio e cloreto de cálcio, segundo Cunniff (1995).

Para determinação dos ácidos orgânicos e etanol, 25 g de silagem *in natura* foram diluídas em 250 mL de água destilada e homogeneizadas em liquidificador industrial durante um minuto. O extrato aquoso resultante foi filtrado em papel de filtro, e 100 mL foram acidificados com H₂SO₄ 50 % e, posteriormente, filtrados em papel de filtragem rápida (Ranjit e Kung Jr., 2000). Em 2 mL deste filtrado foram adicionados 1 mL de solução de ácido metafosfórico 20 % e 0,2 mL de solução de ácido fênico 1 %, utilizado como padrão interno. A determinação dos ácidos láctico, acético, butírico e propiônico foi realizada por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), marca Shimadzu SPD-10, com comprimento de onda de 210 nm. Usou-se uma coluna C-18, de fase reversa, com pressão de 168 Kgf e fluxo de 1,5 mL/minuto. A análise de etanol foi realizada em cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC), marca Shimadzu RID - 6^a, usando uma coluna SCR- 101 P, com pressão de 31 Kgf e fluxo de 1,2 mL/minuto.

As perdas de MS sob as formas de gases e efluente foram quantificadas por diferença de peso, segundo metodologia descrita por Siqueira et al. (2007).

Determinação das perdas por gases

A perda de matéria seca decorrente da produção de gases foi calculada pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos silos experimentais, em relação à quantidade de MS ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia seca.

A determinação da perda gasosa foi calculada segundo a equação:

$$PG = (PSI - PSF) / MSI \times 100$$

em que:

PG = perda por gases (% da MS);

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

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

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

Determinação da produção de efluente

A determinação da produção de efluente foi realizada mediante diferença de pesagens do conjunto silo, areia e tela, depois e antes da ensilagem, em relação à quantidade de matéria verde ensilada. Após ser retirada toda a forragem do silo experimental, pesou-se o conjunto (silo + areia úmida + tela) e, subtraindo-se deste o peso do mesmo conjunto antes da ensilagem, efetuou-se a estimativa da produção de efluente drenado para o fundo do silo.

A determinação da produção de efluente foi calculada segundo a equação:

$$PE = (PSAF - PSAI)/MNI \times 1000$$

em que:

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

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

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

MNI = quantidade de forragem ensilada (kg).

Determinação do índice de recuperação de matéria seca

Esta determinação foi obtida por meio da diferença de peso obtida pela pesagem da massa de forragem nos momentos da ensilagem e da abertura dos silos e seus respectivos teores de MS, calculando-se a recuperação de MS (RMS) segundo a equação:

$$RMS: (MSi / MSf) \times 100$$

em que:

MSi = quantidade de MS inicial.

MSf = quantidade de MS final;

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais para o fator quantitativo, referente aos níveis de farelo de mandioca adicionados na ensilagem da cana-de-açúcar, e aplicação de teste F para o fator qualitativo, referente à uréia (com e sem uréia). No estudo de regressão por meio de polinômios ortogonais, na escolha dos modelos foram consideradas a significância, os coeficientes de determinação e o comportamento observado para a variável em questão. Adotou-se o nível de significância de 5 % de probabilidade, utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 1999).

A composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar e do farelo de mandioca (FM) pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar e do farelo de mandioca (FM)

Item	Cana-de-açúcar										FM
	0% FM 0% U	0% FM 5,4% U	7% FM 0% U	7% FM 5,4% U	14% FM 0% U	14% FM 5,4% U	21% FM 0% U	21% FM 5,4% U	28% FM 0% U	28% FM 5,4% U	
MS	26,5	26,7	30,9	30,6	34,9	34,8	39,4	38,4	42,7	45,1	88,0
MO ¹	98,1	98,1	98,2	98,5	98,5	98,4	98,4	98,6	98,6	98,7	98,4
PB ¹	1,5	17,0	1,6	16,9	1,6	17,2	1,7	17,6	1,7	17,6	2,4
EE ¹	1,3	2,0	1,7	1,9	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,6	0,6
FDN ¹	48,8	48,2	43,5	42,0	36,2	35,7	35,4	34,7	30,0	34,1	14,7
FDNcp ¹	45,9	45,2	42,1	41,3	35,5	34,8	34,1	33,5	29,0	29,5	13,8
FDA ¹	36,5	34,9	32,1	29,9	29,1	26,8	25,0	22,7	22,4	20,1	5,4
Hem ¹	12,3	13,3	11,4	12,1	7,1	8,9	10,4	12,0	7,6	14,0	8,4
Celulose ¹	26,8	25,1	24,6	23,5	23,2	21,2	19,2	17,2	17,8	12,1	4,1
Lignina ¹	6,4	6,0	5,8	5,2	4,7	4,3	4,2	4,0	3,3	3,1	1,0
Cinza ¹	1,9	1,9	1,8	1,5	1,5	1,6	1,6	1,4	1,4	1,3	1,6
NIDN ¹	0,07	0,06	0,09	0,08	0,08	0,07	0,09	0,08	0,12	0,10	0,05
NIDA ¹	0,06	0,05	0,08	0,06	0,06	0,06	0,08	0,07	0,09	0,07	0,03
NIDN ²	24,9	2,5	39,8	3,1	35,7	3,2	36,0	3,6	37,9	4,6	14,3
NIDA ²	23,2	2,2	35,5	2,3	26,8	2,4	32,0	3,0	27,3	3,4	9,0
CT ¹	95,3	79,2	95,1	80,5	95,7	81,4	96,2	82,4	95,5	80,5	95,4
CNF ¹	46,4	32,0	52,9	39,2	60,8	45,9	60,8	47,6	66,0	46,4	81,5
pH	3,9	4,4	4,2	4,9	4,4	5,0	4,5	5,0	4,6	5,1	-
DIVMS ¹	58,3	58,7	60,6	65,3	71,1	71,7	75,7	75,9	80,7	80,8	94,8

¹% da MS.

²% do NT.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2, encontram-se os dados referentes ao pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) das silagens de cana-de-açúcar.

Tabela 2 - Médias de pH e teores médios de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM)

Uréia (% da MS)	Farelo de mandioca (% da MN)					CV (%) ⁴	Equação de regressão ¹
	0	7	14	21	28		
pH							
0,0	3,5b	3,4b	3,5b	3,5b	3,6b	1,55	1
5,4	3,7a	3,6a	3,7a	3,7a	3,8a		
N-NH ₃ ²							
0,0	3,9a	2,7a	1,9a	1,7a	2,9a	4,09	2
5,4	2,4b	1,9b	1,7b	1,6b	1,3b		

Médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade.

¹Equações de regressão; $\hat{Y}_1 = 3,6$; $\hat{Y}_2 = 4,0082 - 0,2632 \text{ FM} + 0,008 \text{ FM}^2$ ($R^2 = 96\%$); $\hat{Y}_3 = 2,2812 - 0,0345 \text{ FM}$ ($R^2 = 93\%$)

² Em % do NT.

³ Coeficiente de variação.

Contatou-se efeito ($P < 0,05$) de uréia e de farelo de mandioca para a variável pH, observando-se valores mais elevados para as silagens com uréia. Ao se analisar o pH em função dos níveis de farelo de mandioca, nenhum modelo se ajustou aos dados, estimando-se valor médio de 3,6 (Tabela 2).

Andrade et al. (2001), estudando silagem de cana-de-açúcar aditivada com rolão de milho, estimaram, por meio da análise de regressão, valor mínimo de pH de 3,4 para 60 kg do resíduo/t de cana-de-açúcar, sendo este valor de pH próximo ao verificado neste trabalho.

Ambas as silagens, no presente estudo, apresentaram pH próximo da faixa ideal (Tabela 2), pois, de acordo com McDonald et al. (1991), silagens de boa qualidade podem apresentar pH entre 3,8 e 4,2.

Kung Jr. et al. (2003), em revisão sobre aditivos para ensilagem, concluíram que forragens tratadas com uréia e com eficiente transformação dessa uréia em amônia resultam em silagens com pH superior ao das não-tratadas.

Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Pedroso (2003) observou pH de 3,8 na média das observações feitas na ensilagem da cana-de-açúcar

com 1,5 % de uréia, Siqueira (2005) encontrou pH de 4,2 e Lima et al. (2002) relataram pH de 3,8 em silagens de cana-de-açúcar. No entanto, Lopes (2006) encontrou valor de pH de 6,5 com o mesmo nível de uréia utilizada neste experimento, sendo este valor superior aos observados na literatura.

De acordo com Evangelista et al. (2004), somente o baixo pH final não garante que a atividade dos microrganismos indesejáveis, em especial enterobactérias e clostrídios, 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.

Observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre uréia e os níveis de farelo de mandioca para a variável $N-NH_3$ das silagens, verificando-se menores valores para silagem com uréia (Tabela 2). Ao se analisar o $N-NH_3$ em função dos níveis de farelo de mandioca, verificou-se, por meio da análise de regressão, comportamento quadrático ($P < 0,05$) para a silagem sem uréia, estimando-se valor mínimo de 1,8 % para o nível de 16,7 % de farelo de mandioca. Já para a silagem com uréia, constatou-se efeito linear ($P < 0,05$), apresentando decréscimo de 0,03 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada.

De acordo com Evangelista et al. (2004), o conteúdo de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) 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.

Os teores de $N-NH_3$ das silagens do presente estudo são considerados baixos, indicando silagem de boa qualidade (Tabela 2), pois, de acordo com Silveira (1975), silagens com teores de $N-NH_3$ abaixo de 8 % são consideradas de boa qualidade.

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 $N-NH_3$, próximos de 15 %, podem ser mais um fator para diminuir a aceitação da silagem de cana-de-açúcar pelos animais, resultando em baixo consumo.

Siqueira (2005) observou valores de $N-NH_3$ de 2,9 % e 14,7 %, respectivamente, para cana ensilada pura e aditivada com 1,5 % de uréia. Porém, Lima et al. (2002) observaram valores de $N-NH_3$ de 3,39 % e 11,84 %, respectivamente, para a cana ensilada sem aditivos e acrescida de uréia de 1,5 % da MV, sendo esses valores bastante

superior aos encontrados no presente trabalho para as silagens aditivada com o mesmo nível de uréia.

Conforme McDonald et al. (1991), o nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃) é associado à qualidade fermentativa da silagem, pois esse composto é proveniente da degradação da fração protéica pelos clostrídeos.

Na Tabela 3, encontram-se os dados referentes aos teores de ácido láctico, acético, propiônico, butírico e de etanol das silagens de cana-de-açúcar.

Tabela 3 - Teores médios de ácido láctico, ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico e etanol da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca.

Uréia (% da MS)	Farelo de mandioca (% da MN)					CV (%) ³	Equação de regressão ¹
	0	7	14	21	28		
Lático ²							
0,0	2,5b	2,6b	2,1b	2,7b	2,3b	2,31	4
5,4	4,7a	5,6a	2,3a	3,0a	3,1a		5
Acético ²							
0,0	0,55b	0,59b	0,42a	0,55a	0,50a	2,08	6
5,4	0,69a	0,67a	0,29b	0,35b	0,32b		7
Propiônico ²							
0,0	0,20b	0,20a	0,16a	0,15a	0,14a	2,47	8
5,4	0,23a	0,20a	0,13b	0,13b	0,12b		9
Butírico ²							
0,0	0,04a	0,04a	0,03a	0,04a	0,03a	10,84	10
5,4	0,04a	0,04a	0,01b	0,02b	0,02b		11
Etanol ²							
0,0	0,73b	0,81b	0,65b	0,60b	0,50a	1,93	12
5,4	1,20a	1,30a	0,47a	0,64a	0,45b		13

Médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade.

¹Equações de regressão; $\hat{Y}_4 = 2,4$; $\hat{Y}_5 = 3,7$; $\hat{Y}_6 = 0,52$; $\hat{Y}_7 = 0,7387 - 0,0332 FM + 0,0006 FM^2$ ($R^2 = 80\%$); $\hat{Y}_8 = 0,2048 - 0,0024 FM$ ($R^2 = 93\%$); $\hat{Y}_9 = 0,2208 - 0,0042 FM$ ($R^2 = 86\%$); $\hat{Y}_{10} = 0,04$; $\hat{Y}_{11} = 0,03$; $\hat{Y}_{12} = 0,66$; $\hat{Y}_{13} = 0,81$.

²Em % da MS.

³Coefficiente de variação.

Verificou-se efeito ($P < 0,05$) da interação uréia e os níveis de farelo de mandioca para o teor de ácido láctico das silagens, observando-se maiores valores nas silagens com uréia (Tabela 3). No que concerne ao efeito dos níveis de farelo de mandioca sobre o teor de ácido láctico, nenhum modelo se ajustou aos dados, tanto na ausência quanto na presença de uréia, estimando-se valor médio de 2,4 e 3,7 %, respectivamente.

Segundo Catchpoole e Henzell (1971), silagens de boa qualidade devem apresentar valores de 3 a 13 % de ácido láctico. Portanto, as silagens com uréia, exceto no nível de 14 % de farelo de mandioca, obtidas no presente trabalho podem ser classificadas como satisfatórias (Tabela 3).

Castro Neto et al. (2008) trabalhando com silagem de cana-de-açúcar aditivada com 0,5 % de uréia, observaram teores de ácido láctico de 8 %. Porém, Andrade et al. (2001) verificaram valores de 4,1; 4,6; 4,8 e 3,7 % de ácido láctico estudando silagem de cana, acrescida de 1,5 % de uréia, 0,5 % de uréia + 40 kg de rolão de milho, 0,5 % de uréia + 80 kg de rolão de milho e 0,5 % de uréia + 120 kg de rolão de milho, respectivamente.

Para o teor de ácido acético, observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre uréia e os níveis de farelo de mandioca. Analisando o efeito da uréia dentro dos níveis de farelo de mandioca, verificou-se diferença ($P < 0,05$) entre as silagens. Menores valores de ácido acético foram encontrados nas silagens com uréia nos níveis 14, 21 e 28 % de farelo de mandioca (Tabela 3). Por meio do estudo de análise de regressão, verificou-se, para silagem sem uréia, que nenhum modelo se ajustou aos dados, estimando-se valor médio de 0,52 %. Já para silagem com uréia foi verificado comportamento quadrático ($P < 0,05$), apresentando valor mínimo no nível de 25,7 % de farelo de mandioca. Os teores de ácido acético encontram-se abaixo de 0,7 %, (Tabela 3), sendo abaixo do nível crítico de 0,8 % (Muck, 1988), sugerindo uma boa preservação da massa ensilada.

Estes resultados diferem dos obtidos por Andrade et al. (2001) que observaram aumento da produção de ácido acético à medida que foi elevado o nível de rolão de milho na ensilagem da cana-de-açúcar. Essa resposta está de acordo com a encontrada por Wieringa (1958), que constatou que as bactérias heterofermentativas são mais tolerantes à elevação do potencial osmótico das silagens. Ao contrário do ácido láctico, o ácido acético é um potente inibidor do crescimento de leveduras.

A quantidade de ácido acético não dissociado é o fator mais importante a ser considerado nos mecanismos de inibição do crescimento de leveduras (Moon, 1983; Weissbach, 1996). Normalmente, estas são controladas com teores de ácido acético acima de 2 % em silagens com 25 % de MS (Woolford, 1975), o que não foi observado no presente estudo.

Observou-se efeito ($P < 0,05$) de interação entre uréia e os níveis de farelo de mandioca para o teor de ácido propiônico das silagens, observando-se menores valores para as silagens com uréia, exceto na silagem sem farelo de mandioca e no nível de 7 %,

no qual não se verificou diferença estatística (Tabela 3). Estudando o efeito dos níveis de farelo de mandioca sobre o teor de ácido propiônico, constatou-se comportamento linear decrescente para as silagens sem e com uréia, sendo atribuído decréscimos de 0,002 e 0,004 %, respectivamente, para cada unidade de farelo de mandioca adicionada.

Freitas et al. (2006) encontraram teor de 0,7 % de ácido propiônico na silagem de cana-de-açúcar aditivada com 10 % de resíduo de colheita de soja, sendo este valor superior aos encontrados no neste estudo. No entanto, Souza et al. (2008) encontraram valor de 0,14 % em silagens aditivadas com 1 % de uréia.

Para o teor de ácido butírico, observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre uréia e os níveis de farelo de mandioca. Analisando o efeito da uréia dentro dos níveis do farelo de mandioca, verificou-se diferença ($P < 0,05$) entre as silagens nos níveis de 14, 21 e 28 % do farelo de mandioca, apresentando menores valores as silagens com uréia. Por meio do estudo da análise de regressão nenhum modelo se ajustou aos dados, para silagem sem ou com uréia, estimando-se valor médio de 0,04 e 0,03 %, respectivamente (Tabela 3).

Os teores de ácido butírico nas silagens de cana do presente experimento para todos os tratamentos encontram-se abaixo de 0,04 %, podendo-se classifica-las como silagens de boa qualidade. Estes baixos teores de ácido butírico podem ser explicados pela provável rápida queda do pH nos materiais ensilados. Esse fato causaria inibição do desenvolvimento de clostrídios nas silagens, limitando, assim, a produção de ácido butírico nestas (Muck, 1993; Van Soest, 1994).

Castro Neto et al. (2008) trabalhando com silagem de cana-de-açúcar aditivada com 0,5 % de uréia, observaram teores de ácido butírico de 0,09 %. Esse tipo de fermentação resulta em significativas perdas de MS e os produtos da fermentação reduzem a aceitabilidade, além de diminuir a estabilidade aeróbia da silagem (Mahanna, 1994). A ocorrência de clostrídeos em silagens é consequência da inevitável contaminação da forragem com o solo (Arcuri et al., 2003).

Há que se considerar que o crescimento dos clostrídios é estimulado pela elevação da temperatura no interior do silo, baixo teor de MS da forragem ensilada, baixo teor de carboidratos solúveis, alta capacidade tampão da cultura e vedação inadequada do silo (Jobim e Gonçalves, 2003).

Verificou-se efeito ($P < 0,05$) da interação uréia e níveis de farelo de mandioca para o teor de etanol das silagens, observando-se menor teor na silagem com uréia no nível de 28 % do farelo de mandioca (Tabela 3). No que concerne ao efeito dos níveis

de farelo de mandioca sobre o teor de etanol, nenhum modelo se ajustou aos dados, tanto na ausência quanto na presença de uréia, estimando-se valores médios de 0,66 e 0,81 %, respectivamente.

De acordo com Jobim e Gonçalves (2003), a maioria dos fungos necessita de oxigênio para o crescimento; no entanto, algumas leveduras se desenvolvem em condições anaeróbias, podendo manter elevadas populações nessas condições pela fermentação alcoólica dos açúcares ($1 \text{ glicose} = 2 \text{ etanol} + 2 \text{ CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$), repercutindo em perdas de MS e energia. Sendo assim, além de estarem associadas à deterioração aeróbia da silagem, as leveduras também são indesejáveis por competirem com as bactérias lácticas pelas hexoses (Arcuri et al., 2003).

Andrade et al. (2001), em trabalho no qual aumentaram o teor de MS de 20,9 % para 27,8 % na silagem de cana-de-açúcar, mediante a adição de 120 kg de rolão de milho /t MV, observaram produção de álcool de 0,07 %. Os autores atribuíram o resultado à baixa tolerância das leveduras ao alto potencial osmótico da silagem. Fato esse que pode explicar a menor produção de etanol no nível 28 % de farelo de mandioca no presente experimento.

Avaliando o efeito da inclusão de milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS) sobre as características fermentativas da cana-de-açúcar ensilada, Bernardes et al. (2002) verificaram que o teor de etanol nas silagens foi reduzido em 10 %, para a cana ensilada com a inclusão de 10 % de MDPS, na massa verde, demonstrando a eficiência dos aditivos absorventes de umidade na inibição da atividade das leveduras.

Teores de etanol na ordem de 7,8 a 17,5 % na MS têm sido relatados para a cana-de-açúcar ensilada sem o uso de aditivos (Kung Jr. e Stanley, 1982; Pedroso, 2003; Freitas et al., 2006). No entanto, Andrade et al. (2001) obtiveram com a adição de 0,5 % de uréia nas silagens de cana-de-açúcar, teor de 12 % de etanol na MS. Souza et al. (2008) verificaram valor de 2,5 % para silagem aditivada com 1 % de uréia. No presente estudo, todas as silagens apresentaram teores de etanol inferiores aos relatados, sendo o nível de utilização da uréia maior.

De acordo com Pires et al. (2003) fatores como dose aplicada, fonte de nitrogênio, material tratado, período de tratamento e teor de umidade podem influenciar o resultado da amonização.

Bernardes et al. (2002) observaram que o número de unidades formadoras de colônia (UFC) de leveduras na silagem de cana aumentou com o uso de 5 % de MDPS e decresceu quando se utilizou 10 % de MDPS. Bravo-Martins (2004) observou redução

da população de leveduras na ensilagem de cinco variedades de cana-de-açúcar aditivadas com 1 % de uréia (MV), após 30 dias de armazenamento.

Lopes (2006) observou maior inibição do crescimento de leveduras nos tratamentos 1,5 % de uréia e 0,5 % de uréia + 0,4 % de fubá. Sendo verificadas maiores contagens de leveduras nos tratamentos 0,5 % de uréia + 0,4 % de raspa de mandioca e controle. Os autores atribuíram isso à diferença do amido da mandioca em relação ao amido do milho, pois, o que diferencia o amido de mandioca ao milho é a ausência de matriz protéica e de corpos protéicos associados aos grãos de amido, o que confere ao amido da raspa de mandioca maior degradabilidade ruminal que o amido do milho (NRC, 2001). Provavelmente, esta maior facilidade de ataque microbiano também foi verificada durante a ensilagem e pode ter contribuído para a maior proliferação de leveduras. Portanto, o efeito do aditivo absorvente na inibição do crescimento de leveduras, possivelmente, está associado ao nível e ao tipo de amido presente no aditivo utilizado.

Os teores médios de MS, perdas de MS por gases e efluente e recuperação da MS das silagens de cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Teores de matéria seca (MS), perdas de MS por gases, perdas por efluente e recuperação da MS da silagem de cana-de-açúcar sem e com uréia e acrescida com diferentes níveis de farelo de mandioca (FM)

Uréia (% da MS)	Farelo de mandioca (% da MN)					CV (%) ⁴	Equação de regressão ¹
	0	7	14	21	28		
MS							
0,0	20,5	23,6	27,6	32,3	37,1	1,78	14
5,4	21,1	24,9	28,8	33,2	38,8		
Gases ²							
0,0	13,7a	12,3a	9,4a	7,6a	6,5a	5,87	15
5,4	15,0a	12,3a	10,0a	7,6a	5,8b		
Efluente ³							
0,0	103,9b	76,9a	15,8a	6,3b	4,6b	4,87	17
5,4	108,3a	59,0b	12,1b	10,0a	9,9a		
Recuperação da MS ²							
0,0	70,3b	73,3b	81,2b	84,8b	90,1a	1,79	19
5,4	72,9a	80,0a	86,6a	89,5a	89,2b		

Médias seguidas de uma mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade.

¹Equações de regressão; $\hat{Y}_{14} = 20,2472 + 0,6109 \text{ FM}$ ($R^2 = 99\%$); $\hat{Y}_{15} = 13,7068 - 0,2739 \text{ FM}$ ($R^2 = 98\%$); $\hat{Y}_{16} = 14,7340 - 0,3292 \text{ FM}$ ($R^2 = 99\%$); $\hat{Y}_{17} = 95,33 - 3,8457 \text{ FM}$ ($R^2 = 87\%$); $\hat{Y}_{18} = 89,0168 - 3,5116 \text{ FM}$ ($R^2 = 81\%$); $\hat{Y}_{19} = 69,73 + 0,7286 \text{ FM}$ ($R^2 = 98\%$); $\hat{Y}_{20} = 72,5515 + 1,3574 \text{ FM} - 0,0269 \text{ FM}^2$ ($R^2 = 99\%$).

²Em % da MS.

³kg/tonelada de matéria verde.

⁴Coefficiente de variação.

Verificou-se efeito ($P < 0,05$) de uréia e de farelo de mandioca para a variável MS. Analisando o efeito de uréia dentro dos níveis de farelo de mandioca, observou-se valores mais elevados para as silagens com uréia. A MS aumentou linearmente, estimando-se acréscimo de 0,61 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada (Tabela 4).

Foram observadas, no presente trabalho, variações entre os teores de MS antes e depois da ensilagem, verificando-se reduções no teor de MS de 22,6 e 20,9 % e de 10,9 e 6,7 %, para silagem controle e no nível de 7 % farelo de mandioca, na ausência ou na presença da uréia, respectivamente (Tabelas 1 e 4).

De acordo com Woolford (1984), a redução de MS está relacionada à diminuição de conteúdo celular, principalmente de carboidratos solúveis, durante o processo fermentativo. Outras vias comuns de perdas de MS são a produção de efluente e a perda por água resultante de reações metabólicas (McDonald et al., 1991).

Santos et al. (2003) observaram redução do teor de MS de 36,4 % (matéria original) para 27,0 % na silagem da cana-de-açúcar acrescida de 10 % MDPS, atribuindo esta redução, principalmente, à fermentação alcoólica. Souza et al. (2008) também verificaram redução dos teores de MS de 31,1 e 31,8 % para 22,5 e 24,2 % na silagem de cana-de-açúcar controle e aditivada com 1 % de uréia, respectivamente, sendo observadas menores perdas na silagem com aditivo.

Observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre uréia e níveis de farelo de mandioca, para as variáveis perdas de MS por gases e efluente e recuperação da MS (Tabela 4).

Estudando o efeito de uréia dentro dos níveis de farelo de mandioca, para a variável perdas de MS por gases, constatou-se diferença ($P < 0,05$) apenas para silagens no nível 28 % de farelo de mandioca, sendo a menor perda observada na silagem com uréia. No que concerne ao efeito dos níveis de farelo de mandioca sobre as perdas de MS por gases, a análise de regressão revelou efeito linear ($P < 0,05$) decrescente para ambas as silagens, estimando-se decréscimo de 0,27 e 0,32 % para a silagem sem e com uréia, respectivamente (Tabela 4), demonstrando a eficiência do aditivo absorvente em aumentar o teor de MS e reduzir perdas por gases.

As perdas de MS podem estar, principalmente, relacionadas com o aumento da produção de gás, promovido através da fermentação por microrganismos produtores de CO_2 . De acordo com McDonald et al. (1991), na fermentação por bactérias do gênero *Clostridium*, em que ocorrem descarboxilação e ou oxidação, há altas perdas por

gases (CO₂). Segundo Nussio et al. (2003), 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.

As perdas por gases, observadas no presente estudo, provavelmente estejam relacionadas principalmente, com a fermentação por leveduras, pois verifica-se uma menor produção de etanol e perda de MS por gases no nível de 28 % de farelo de mandioca, em ambas as silagens (Tabelas 3 e 4).

Casali et al. (2004) estudaram o efeito de níveis crescentes de raspa de batata desidratada (7, 14, 21 e 28 % MV) em cana-de-açúcar com MS de 20,1 % e observaram redução linear na perda por gases à medida que se aumentou o nível do aditivo utilizado. Freitas et al. (2006), observaram menores perdas de MS por gases no tratamento com 10 % de resíduo da colheita da soja (22,4 %) contra 31,1 % na silagem controle de cana-de-açúcar.

Pedroso et al. (2005), conservando a cana-de-açúcar sem aditivo por 90 dias, quantificaram perdas totais de MS de 31,0 %. Souza et al. (2008), estudando silagem aditivada com 1 % de uréia, não verificaram diferenças nas perdas de MS por gases em relação à silagem controle, apresentando média de 28,6 %.

No tocante à variável perdas por efluente, ao se avaliar o efeito de uréia dentro dos níveis de farelo de mandioca, observou-se diferença ($P < 0,05$) para todos os níveis de farelo de mandioca, sendo as maiores perdas verificadas para as silagens sem o farelo de mandioca e, a menor, para a silagem sem uréia no nível de 28 % (Tabela 4). A análise de regressão revelou efeito linear ($P < 0,05$) decrescente para as silagens sem e com uréia, verificando-se redução de 3,8 e 3,5 %, respectivamente, para cada unidade de farelo de mandioca adicionada. Estes resultados permitem inferir que o aditivo utilizado foi eficiente, possibilitando redução das perdas por efluente, fato explicado pela característica absorvente do mesmo.

O efluente produzido nas silagens contém grande quantidade de compostos orgânicos, como açúcares, ácidos orgânicos e proteínas, acarretando perdas significativas do valor nutritivo. Por isso, aditivos absorventes de umidade são utilizados para elevar o teor de MS das silagens, reduzir a produção de efluente e aumentar o valor nutritivo das mesmas (McDonald et al., 1991).

Santos (2004) avaliou as perdas por efluente da silagem de cana-de-açúcar com diferentes aditivos (silagem de cana sem aditivo, com 1 % de uréia, com 8 % de MDPS e com 0,5 % de sal mineral) e observaram menor produção de efluente na silagem aditivada com 8 % MDPS. Casali et al. (2004) verificaram redução das perdas por efluente com a inclusão crescente de níveis de raspa de batata desidratada (7, 14, 21 e 28 % MV) em silagem de cana-de-açúcar.

Souza et al. (2008) encontraram perdas de efluente de 39 e 45,4 kg/t de MV, para silagem controle e aditivada com 1 % de uréia, respectivamente. Schmidt et al. (2004) observaram produções de efluente de 30,4 a 42,5 kg/t MV e Siqueira et al. (2005) apresentaram perdas de 76,2 e 56,5 kg/t MV para silagem controle e adicionada de 1 % de uréia. Os dados obtidos no presente estudo foram superiores aos evidenciados na literatura para silagem controle sem e com uréia.

A produção de efluente está relacionada à perda de MS e à produção de água metabólica, que reduzem o nível de MS (McDonald et al., 1991), como foi observado nas silagens controle deste estudo, sendo a redução em média de 21,5 % de MS.

Analisando o efeito da uréia dentro dos níveis de farelo de mandioca para a variável recuperação de MS, constatou-se diferenças ($P < 0,05$) entre as silagens em estudo, sendo observados maiores valores para silagens com uréia, exceto para o nível 28 % de farelo de mandioca, no qual estas não diferiram ($P > 0,05$). Estudando o efeito de níveis de farelo de mandioca sobre a recuperação de MS, verificou-se comportamento linear crescente para as silagens sem uréia, estimando-se acréscimos de 0,73 % para cada unidade de farelo de mandioca adicionada, provavelmente, devido ao aumento de MS das silagens com o acréscimo do aditivo. Já para silagem com uréia observou-se comportamento quadrático, apresentando valor máximo de 89,7 % no nível de 25,2 % do farelo de mandioca (Tabela 4).

Segundo Pedroso et al. (2005), a recuperação da MS tem alta correlação com a perda por gases (98,4 %). Portanto, considerando que os maiores teores de MS estavam presentes nas silagens com uréia e que as perdas por gases não diferiram entre ambas as silagens, exceto no nível 28 %, provavelmente, estes fatos expliquem as maiores taxas de recuperação de MS das silagens com uréia.

Roth et al. (2005) ao avaliarem a silagem de cana-de-açúcar com 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 % de uréia na massa verde, concluíram que doses variando de 1,0 a 1,5 % de uréia propiciaram a melhor recuperação de MS.

Souza et al. (2005) observaram menor produção de gás (28,1 vs 32,5 % da MS) e maior recuperação de MS (68,51 vs 64,71 %) da silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de uréia, em relação à silagem sem aditivos.

Siqueira et al. (2007a) verificaram maior recuperação de MS para silagem tratada com 1,5 % de uréia (72,8 %), quando comparada ao controle (67,5 %). No entanto, Siqueira et al. (2009) verificaram menores valores de recuperação de MS para silagem com o mesmo nível do aditivo, sendo 45,0 % para silagem controle e 51,6 % para silagem aditivada com uréia.

Conclusões

A associação da uréia com o farelo de mandioca é eficiente em diminuir o teor de umidade das silagens e, conseqüentemente, as perdas por efluente, bem como, para aumentar a recuperação da matéria seca, propiciando uma silagem de melhor valor nutritivo.

Os aditivos uréia e farelo de mandioca apresentam características desejáveis para a ensilagem de cana-de-açúcar, pois melhoram as características fermentativas da mesma.

Literatura Citada

- ALLI, I.; BAKER, B.E.; GARCIA, G. Studies of the fermentation of chopped sugar cane. **Animal Feed Science and Technology**, v.7, n.4, p.411-417, 1982.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. et al. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, n.4, 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.
- ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C.; LOPES, F. C. F. Microrganismos Indesejáveis em Forragens Conservadas: Efeito sobre o Metabolismo de Ruminantes. In: **VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: Valor alimentício de forragens**, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 2003. p. 51-70.
- 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: SBZ, 2002. CD-ROM.
- BERTIPAGLIA, L.M.A. et al. (Eds.) **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2005. p.25-60.
- BRAVO-MARTINS, C.E.C. **Identificação de leveduras envolvidas no processo de ensilagem de cana-de-açúcar e utilização de extratos vegetais como seus inibidores**. 2004. 148 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CASALI, A.O.; REZENDE, A.V.; BARCELOS, A.F. et al. Avaliação de silagem de cana de açúcar aditivada com raspa de batata. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, CD-ROM.
- CASTRO NETO, A.G.; MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Parâmetros de fermentação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária de Zootenia**. v.60, n.5, p.1150-1156, 2008.
- CATCHPOOLE, V.R.; HENZELL, E.F. 1971. **Silage and silagemaking from tropical herbage species**. *Herbage. Abstracts*. v.41, n.3, p.213-221,1971.
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed., Arlington: AOAC International, v.1. 1995.
- 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.
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.35, n.1, p.38-47, 2006.

- JOBIM, C.C.; GONÇALVES, G.D. Microbiologia de forragens conservadas. In: **VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: valor alimentício de forragens**, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 2003. p. 1-26.
- KUNG Jr, L.; STANLEY, R. W. Effects of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.54, n.4, p.689-696, 1982.
- KUNG Jr., L. Aditivos microbianos e químicos para silagem: Efeitos na fermentação e resposta animal. In: **WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM**, 2., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 53-74.
- KUNG JR., L.; STOKES, M. R.; LIN, C.J. **Silage Additives**. In: **SILAGE SCIENCE AND TECHNOLOGY**. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, 2003. p. 305-360.
- LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; SIQUEIRA, G.R.; SANTANA, R. A.V. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) enriquecida com uréia ou farelo de soja. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.
- LOPES, J. **Qualidade da silagem de cana-de-açúcar elaborada com diferentes aditivos**. 2006 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MAHANNA, B. Proper management assures high-quality silage, grains. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.65, n. 10, p.12-59, Mar. 1994.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley, 1981. 226 p.
- MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**. v.55, p.453-460, 1983.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p. 2992-3002, 1988.
- MUCK, R.E. **The role of silage additives in making high quality silage**. In: **Silage production from seed to animal**. Ithaca: Northeast Regional Agriculture Engineering Service, 1993. p.106-116.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001. 450p.
- 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.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A.L.B. et. al. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA**

- PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.277-328.
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 122 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p.427-432, 2005.
- PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; SOUZA, A.L. de et al. Avaliação do consumo de silagens de sorgo tratadas com amônia anidra, e , ou, sulfeto de sódio na alimentação de novilhas ³/₄ Indubrzil/Holandês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1525-1531, 2003.
- 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.; L. KUNG JR. 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.86 p.523-535, 2000.
- ROTH, M.T.P.; GUSTAVO, G.R.; RICARDO, R.A. et al. Ensilagem da cana-de-açúcar (“*Saccharum officinarum*”L.) tratada com doses de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.
- SANTOS, R.V. **Silagem de cana-de-açúcar em duas idades de corte com diferentes aditivos**. 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SANTOS, R.V.; EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. et al. Perfil de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. CD-ROM.
- SAS-STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS user’s guide**. Cary: 1999. v.8, 295p.
- SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. et al. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007 (suplemento)
- SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.F. et al. Produtividade, composição morfológica, digestibilidade e perdas no processo de ensilagem de duas variedades de cana de açúcar, com e sem adição de uréia. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.
- 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.

- SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e bacterianos**. 2005. 91 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; ITURRINO, R.P.S. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007a.
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, P. et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2000-2009, 2007b.
- SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; Schocken-Iturrino, R.P. et al. Influência da queima e aditivos químicos e bacterianos na composição química de silagens de cana-de-açúcar. **Archivos de Zootecnia**. v.58, n.221, p.43-54. 2009.
- SOUSA, D. P.; MATTOS, W. R. S.; NUSSIO, L. G. et al. Efeito de aditivo químico e inoculantes microbianos na fermentação e no controle da produção de álcool em silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1564-1572, 2008
- SOUZA, D.P.; MATTOS, W.R.S.; NUSSIO, L.G et al. Avaliação das perdas por efluentes e gases em silagens de cana-de-açúcar aditivadas com inoculantes químicos e bacterianos . In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.
- WALKER, G.M. **Yeast physiology and biotechnology**. London:Wiley Editorial Offices, 1999. 350 p.
- WEISSBACH, F. New developments in crop conservation. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 11., 1996, Aberystwyth. **Proceedings...** Aberystwyth: Institute of Grassland and Environmental Research, 1996. p.11-25.
- WIERINGA, G. W. The effect of wilting on butyric acid fermentation in silage. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.6, n.3, p. 204-210, 1958.
- WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage – a review. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, n. 2, p. 101-116, 1990.
- WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350 p.
- WOOLFORD, M.K. Microbiological screening of food preservatives, cold sterilants and specific antimicrobial agents as potential silage additives. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v.26, n.2, p.229-237, 1975.

Conclusões Gerais

Capítulo 1: A associação da uréia com o farelo de mandioca na ensilagem de cana-de-açúcar melhora a composição químico-bromatológica, pois aumenta o teor de matéria seca e reduz os teores de fibra da silagem, aumentando a sua digestibilidade.

A adição de farelo de mandioca aumenta a fração A + B1 e diminui as frações B2 e C. Recomenda-se, portanto, o nível de 14 % de farelo de mandioca em porcentagem da matéria natural na ensilagem da cana-de-açúcar, pois níveis mais elevados reduzem a fração B2, sendo esta uma importante fonte de energia para ruminantes.

Capítulo 2: A associação da uréia com o farelo de mandioca é eficiente em diminuir o teor de umidade das silagens e, conseqüentemente, as perdas por efluente, bem como, para aumentar a recuperação da matéria seca, propiciando uma silagem de melhor valor nutritivo.

Os aditivos uréia e farelo de mandioca apresentam características desejáveis para a ensilagem de cana-de-açúcar, pois melhoram as características fermentativas da mesma.