

**GLEIDSON GIORDANO PINTO DE CARVALHO**

**CAPIM-ELEFANTE EMURCHECIDO OU COM FARELO DE CACAU NA  
PRODUÇÃO DE SILAGEM**

Tese 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  
2006

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

T

C331c  
2006

Carvalho, Gleidson Giordano Pinto de, 1980-  
Capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau  
na produção de silagem / Gleidson Giordano Pinto de  
Carvalho. – Viçosa : UFV, 2006.  
xvii, 69f. : il. ; 29cm.

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

1. Silagem - Composição. 2. Silagem - Qualidade.  
3. Capim-elefante na nutrição animal. 4. Farelo de cacau  
na nutrição animal. 5. Rúmen - Fermentação.  
6. Gramínea. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.0862

GLEIDSON GIORDANO PINTO DE CARVALHO

**CAPIM-ELEFANTE EMURCHECIDO OU COM FARELO DE CACAU NA  
PRODUÇÃO DE SILAGEM**

Tese 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: 28 de abril de 2006.

---

Prof. Aureliano José Vieira Pires  
(Conselheiro)

---

Prof. Odilon Gomes Pereira  
(Conselheiro)

---

Prof<sup>a</sup>. Cristina Mattos Veloso

---

Prof. José Antônio Obeid

---

Prof. Rasmô Garcia  
(Orientador)

Aos meus pais adoráveis, Firmino de Carvalho Filho e Eliene Braga de Carvalho, pelo apoio em meus estudos, pelo amor que me dedicaram e pelos bons exemplos de vida que contribuíram para a formação de meu caráter e de meus valores.

Às minhas irmãs, Bruna Mara e Lorendane Milena, pelo amor, pela torcida nesta minha caminhada e pela alegria que me passam a cada sorriso.

À minha querida e inesquecível Madrinha e avó Maria Conceição, pelo amor, pelo carinho, pelo grande exemplo de ser humano, que, apesar de já não se encontrar mais entre nós, se faz presença viva em minha vida e sempre foi torcida fiel a meu favor.

À minha namorada Rosangela, pelo amor, pela atenção e, especialmente, por sua magnânima paciência e compreensão.

## **DEDICO**

Ao Prof. Aureliano José Vieira Pires, pela amizade e confiança, e por todos os ensinamentos prestados durante essa caminhada.

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sempre iluminar meus caminhos.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade concedida para realização deste Curso.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Rasmão Garcia, pela orientação inestimável, pela atenção e disposição, pela acessibilidade e pelo grande exemplo de conduta profissional.

Ao Prof. Aureliano José Vieira Pires, pela co-orientação e apoio, pela sincera amizade e pela contribuição ao meu desenvolvimento pessoal e profissional, desde o início da graduação.

Ao Prof. Odilon Gomes Pereira, pela co-orientação, pela atenção efetiva, prestada em todos os momentos, e pelas sugestões que muito contribuíram durante a condução do trabalho.

À querida Prof<sup>a</sup>. Cristina Mattos Veloso, pelo constante apoio, pela amizade e pelo inestimável papel em minha formação profissional e como indivíduo, através do exemplo de trabalho, serenidade, ética e constante aprendizado.

Ao Prof. Fabiano Ferreira da Silva, pela amizade e orientação enquanto aluno de graduação, período indispensável para o estímulo do meu interesse pela pesquisa.

Ao Prof. Herymá Giovane de Oliveira Silva, pela amizade, pelos ensinamentos e por transmitir tanta energia positiva em nossas conversas.

Aos amigos Alyson (Merominho), Fabrício (Tanquinho) e Danilo (Pegador), pelo apoio irrestrito na condução do experimento e pelos momentos de descontração que, apesar do curto tempo, serão sempre lembrados.

Ao Prof. Robério Rodrigues Silva, pela amizade e pelo exemplo de força de vontade e perseverança.

Ao amigo Mário Camarão, pelo apoio e pelas papagaiadas.

À amiga Carla Paraíba, pela amizade e carinho e pelo exemplo de consciência, dedicação e força de vontade.

Ao amigo Francisco Éden, pelo apoio na realização das análises laboratoriais.

A Lorena, pela amizade e pelo apoio nas análises laboratoriais.

Ao companheiro de república, meu peixe, Manoel Mota, pela fraternal amizade, pelo companheirismo e pelo exemplo de conduta.

Ao colega de república, Aurélio Vaz, que apesar da jovem amizade, muito me diverte com os seus casos.

Ao companheiro Sebastião Peluzio, pela amizade e pela disposição a todo momento e a qualquer hora.

Ao Professor Paulo Cecon (UFV), pelo auxílio na execução das análises estatísticas.

Ao colega de pós-graduação José Augusto, pela amizade, pelo apoio irrestrito e pelo auxílio na execução das análises estatísticas.

Aos amigos e colegas de curso Cacau, JJ, Mônica, Jucy, Tonucci, Andréia, Juliana e Ronaldinhos (Edson e Goiano), pela agradável convivência.

Ao funcionário do Laboratório de Forragicultura, Raimundo, pelo apoio sempre que necessário.

À secretária da pós-graduação, Celeste, pela clareza e precisão nas informações e por estar sempre bem disposta.

À minha querida tia Lana, pelo apoio e incentivo em meus estudos, pelo carinho e por estar sempre disposta a ajudar.

À minha querida tia Ennia Débora, pelo exemplo de dedicação e perfeição, pelo apoio em meus estudos e por ter sempre me impulsionado e mostrado o caminho certo, mesmo quando tudo parecia perdido.

Ao meu avô Admar Braga, pelo constante incentivo, pelo carinho e pelos momentos de descontração.

À minha querida tia Suely, pelo carinho e pelo exemplo de bondade.

À minha namorada Rosangela, pelo amor, pela paciência e por acreditar que tudo seria possível.

Ao meu queridinho João Victor, que muito me alegra com seu jeito de ser e que, apesar de ainda pequenino, já é um grande exemplo de sinceridade, honestidade e ternura.

Às minhas irmãs Bruna e Lorandane, por tanto amor.

Aos meus pais Firmino e Eliene, que me apoiaram e incentivaram sempre, obrigado por serem tão maravilhosos.

## **BIOGRAFIA**

GLEIDSON GIORDANO PINTO DE CARVALHO, filho de Firmino de Carvalho Filho e Eliene Braga de Carvalho, nasceu em 05 de março de 1980, na cidade de Várzea da Palma - MG.

Concluiu o Curso de Graduação em Zootecnia em dezembro de 2004, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga - BA.

Em março de 2005, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), concentrado estudos na área de Forragicultura e Pastagem, e, em 28 de abril de 2006, defendeu tese de mestrado.

Em dezembro de 2005, foi aprovado em seleção para cursar o Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), com início das aulas previsto para 15 de maio de 2006.

## CONTEÚDO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. LITERATURA CITADA.....	3
Capítulo 1: Valor Nutritivo e Características Fermentativas da Silagem de Capim-Elefante Emurcheado ou com Farelo Cacau .....	5
Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	23
Literatura Citada.....	24
Capítulo 2: Fracionamento de Carboidratos e Proteínas de Silagem de Capim-Elefante Emurcheado ou com Farelo de Cacau .....	27
Resumo.....	27
Abstract.....	28
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	31

Resultados e Discussão.....	34
Conclusões.....	43
Literatura Citada.....	44
Capítulo 3: Degradação Ruminal de Silagem de Capim-Elefante Emurhecido ou com Farelo de Cacau.....	47
Resumo.....	47
Abstract.....	48
Introdução.....	49
Material e Métodos.....	51
Resultados e Discussão.....	55
Conclusões.....	64
Literatura Citada.....	65
2. Conclusões Gerais.....	68

## LISTA DE TABELAS

Capítulo 1:	Página
Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN <sub>CP</sub> ), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos solúveis (CHOs), pH e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de cacau.....	10
Tabela 2 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDN <sub>CP</sub> ), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), cinzas, nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) das silagens de capim-elefante emurchecido (EMUR) e não emurchecido com farelo de cacau.....	12
Tabela 3 - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação obtidos para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDN <sub>CP</sub> ), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e cinzas, em função dos níveis de farelo de cacau no capim-elefante não emurchecido.....	13
Tabela 4 - Média de pH e dos teores de carboidratos solúveis (CHOs), nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ), ácido láctico (ALAT), ácido acético	

(AACET), ácido propiônico (APROP) e ácido butírico (ABUT) das silagens de capim-elefante emurhecido (EMUR) e não emurhecido com farelo de cacau.....	19
Tabela 5 - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação obtidos para os valores de pH e teores de carboidratos solúveis (CHOs), nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ), ácido láctico (ALAT), ácido acético (AACET), ácido propiônico (APROP) e ácido butírico (ABUT), em função dos níveis de farelo de cacau no capim-elefante não emurhecido.....	20

## Capítulo 2:

Tabela 1: Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN <sub>CP</sub> ), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos solúveis (CHOs), pH e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de cacau.....	32
Tabela 2 - Teores médios de carboidratos totais (CHO), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (FDNi), fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C), das silagens de capim-elefante emurhecido (EMUR) e não emurhecido com farelo de cacau.....	34
Tabela 3 - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação obtidos para os teores de carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (FDNi), fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C), em função dos níveis de farelo de cacau no capim-elefante não emurhecido.....	36

## Capítulo 3:

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN <sub>CP</sub> ), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF),	
---	--

	carboidratos solúveis (CHOs), pH e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) da silagem de milho e do concentrado fornecidos aos animais durante o ensaio de incubação ruminal.....	52
Tabela 2 -	Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN <sub>CP</sub> ), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos solúveis (CHOs), pH e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de cacau.....	53
Tabela 3 -	Estimativa dos parâmetros de degradabilidade ruminal da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante (CE) incubadas no rúmen.....	56
Tabela 4 -	Degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante (CE), calculadas para taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h.....	57

## LISTA DE FIGURAS

<b>Capítulo 1:</b>	Página
Figura 1 - Estimativa dos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) das silagens em função de diferentes níveis de farelo de cacau.....	17
<b>Capítulo 2:</b>	
Figura 1: Estimativa dos teores de carboidratos totais (CHO) das silagens em função de diferentes níveis de farelo de cacau.....	35
Figura 2 - Estimativa dos teores de proteína bruta (PB) das silagens em função de diferentes níveis de farelo de cacau.....	39
<b>Capítulo 3:</b>	
Figura 1 - Degradabilidade da matéria seca (MS) de silagens de capim-elefante (CE) emurchecido ou com farelo de cacau (FC), em função dos períodos de incubação no rúmen, estimada pela equação: $= \frac{A}{1 - e^{-ct}} + B \times (1 - e^{-ct})$ .....	59
Figura 2 - Degradabilidade da proteína bruta (PB) de silagens de capim-elefante (CE) emurchecido ou com farelo de cacau (FC), em função dos períodos de incubação no rúmen, estimada pela equação: $= \frac{A}{1 - e^{-ct}} + B \times (1 - e^{-ct})$ .....	60
Figura 3 - Degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) de silagens de capim-elefante (CE) emurchecido ou com farelo de cacau (FC), em função dos períodos de incubação no rúmen, estimada pela equação: $= B_p \times e^{-ct} + I_p$ .....	62

## RESUMO

CARVALHO, Gleidson Giordano Pinto de, M.S. Universidade Federal de Viçosa, abril de 2006. **Capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau na produção de silagem**. Orientador: Rasmão Garcia. Conselheiros: Aureliano José Vieira Pires e Odilon Gomes Pereira.

Três experimentos foram conduzidos para avaliar a qualidade da silagem de capim-elefante colhido aos 50 dias de rebrota e submetido ao emurchecimento ao sol por oito horas ou a adição de 0, 7, 14, 21 e 28% de farelo de cacau (FC) (base da matéria natural). Foram utilizados silos de PVC com capacidade para 5,3 litros, que foram abertos 45 dias após o processo de ensilagem. No experimento I, a inclusão do FC no capim-elefante mostrou-se eficiente em aumentar o teor de MS da silagem. A adição de 7% de FC permitiu produção de silagem com teor de MS semelhante ( $P > 0,05$ ) ao do tratamento emurchecido. As silagens com FC apresentaram maiores teores de nitrogênio total, extrato etéreo, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido. Por outro lado, reduções nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose, cinza, nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram detectadas com a adição do FC. O NDT estimado para o tratamento emurchecido foi superior ao dos demais tratamentos com e sem FC. Embora o FC tenha promovido redução da DIVMS, a inclusão dos níveis de 7 e 14% proporcionou digestibilidade das silagens acima de 60%. No tocante às variáveis inerentes às características

fermentativas das silagens, o pH e os carboidratos solúveis reduziram e aumentaram, respectivamente, de forma linear ( $P < 0,05$ ). O teor de nitrogênio amoniacal aumentou linearmente, contudo, não se observou diferença estatística nos teores de ácidos orgânicos das silagens com FC quando comparados ao tratamento emurhecido. Ao considerar-se apenas a inclusão do FC, o mesmo provocou aumento linear no teor de ácido láctico. O emurhecimento e o FC podem ser utilizados como alternativas para aumentar o teor de MS da silagem. No experimento II, foi estudado as frações que constituem os carboidratos totais (CHO) a proteína bruta (PB) das silagens. O tratamento emurhecido apresentou teor de CHO semelhante aos tratamentos com 14 e 21% de FC. De toda forma, a análise de regressão detectou redução linear desta fração para os tratamentos com FC. As frações dos CHO das silagens foram influenciadas pelas adições de FC, constatando-se maiores teores de A+B1 e FDNi e menores de B2 com a inclusão dos níveis de FC. Para todas as frações de carboidrato e de proteína estimadas, o tratamento emurhecido apresentou valores semelhantes ( $P > 0,05$ ) ao tratamento sem emurhecimento. As frações protéicas foram influenciadas pelas adições de FC, verificando-se redução dos teores das frações A e B1+B2 e aumentos das frações B3 e C, para os níveis crescentes de farelo. No experimento III, foram avaliados os parâmetros cinéticos da degradação ruminal da MS, PB e FDN. A inclusão do FC reduziu o potencial de degradação da MS, tendo sido observados maiores valores nos tratamentos emurhecido e não emurhecido. Por outro lado, a degradabilidade potencial da PB e da FDN sofreu pequenas variações, com os valores médios situando-se próximos de 80 e 46%, respectivamente. Considerando a taxa de passagem de 5%/h, todos os tratamentos apresentaram elevada degradabilidade efetiva da PB (acima de 55%). Embora as estimativas da degradação ruminal de silagens com FC tenham apresentado tendência de redução, todas as silagens apresentaram degradabilidade potencial da MS e da PB acima de 65 e 75%, respectivamente.

## ABSTRACT

CARVALHO, Gleidson Giordano Pinto de, M.S. Universidade Federal de Viçosa, April, 2006. **Elephantgrass wilted or with cocoa meal in silage production.** Adviser: Rasmão Garcia. Committee members: Aureliano José Vieira Pires and Odilon Gomes Pereira.

Three experiments were conducted to evaluate the silage quality of elephantgrass harvested at 50 days after cutting and submitted to wilting on sun for eight hours or to the addition of 0, 7, 14, 21 and 28% (natural base) of cocoa meal (CM). It were used PVC silos with 5.3 liters capacity, which were opened 45 days after ensilage process. In experiment I, the CM added to elephantgrass was efficient to increase the silage DM content. The addition of 7% of CM showed a DM content similar ( $P>.05$ ) that found for wilted elephantgrass. Total nitrogen, ether extract, lignin, neutral detergent insoluble nitrogen and acid detergent insoluble nitrogen contents were lighter with CM in silages than silages obtained with wilted elephantgrass. The addition of CM caused reduction in neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose, hemicellulose, ashes, total digestives nutrients (TDN), and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD). The estimated TDN to wilted treatment was greater than the other treatments with or without CM. Although the CM had provided reduction in the IVDMD, the 7 and 14% levels of inclusion resulted in highest digestibility of the silages (over 60%). Linear increase for pH and linear reduction for soluble carbohydrates on silages were observed as a result of the addition of CM ( $P<.05$ ). The ammoniacal nitrogen content increased linearly;

however, no statistical difference was observed in organic acids contents of silages with CM when compared to silages obtained from wilted treatment. There was a linear increase of lactic acid with the addition of CM. The wilted treatment and CM can be used as alternatives to increase DM content of silages. In the experiment II, were studied the fractions that constitute the total carbohydrates (CHO) and crude protein (CP). The wilted treatment showed CHO content similar to treatments with 14 and 21% CM. The regression analysis detected linear reduction of this fraction to treatments with addition of CM. The silages CHO fractions were influenced by CM additions, observing highest contents of A+B1 and NDFi and smallest. To all carbohydrate and protein estimated fractions, the wilted treatment showed similar values ( $P>.05$ ) to the treatment without wilting. The protein fractions were influenced by CM additions, verifying reduction in contents of A and B1+B2 fractions and increasing in B3 and C fractions. In the experiment III, the DM, CP and NDF rumen degradation kinetic parameters were evaluated. To DM, the CM inclusion reduced the degradation potential, which showed highest values to wilted and no wilted treatments. The CP and NDF potential degradability suffered small variations, with mean values near 80 and 46%, respectively. Considering the 5%/h passage rate, all the treatments showed high CP effective degradability (over 55%). Although the rumen degradation estimative silages with CM showed a reduction tendency, all silages showed potential degradability to DM and CP over 65 and 75%, respectively.

## 1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), uma das plantas forrageiras mais difundidas em nosso meio, por ser perene com alto potencial de produção e pela sua qualidade intrínseca, apresenta-se como alternativa economicamente mais atrativa do que o estabelecimento de uma cultura anual para produção de silagem (Rezende et al., 2002).

Para a produção de silagem, o capim-elefante deve ser colhido com 50 a 60 dias de desenvolvimento, após um corte de uniformização, quando a planta apresenta melhor valor nutritivo (Lavezzo, 1985). Entretanto, Vilela (1990) relatou que o momento de corte adequado seria quando o capim-elefante estivesse com 70 dias de crescimento. Contudo, verifica-se que o teor de matéria seca (MS) da planta nesta idade é muito baixo, 15 a 20%, o que não é recomendado para o processo de ensilagem. Tendo em vista obter silagem de bom valor nutritivo, Faria (1986) relatou que o teor de MS para a fermentação adequada está entre 30 e 35%, dependendo da espécie a ser utilizada.

Silagens produzidas com forrageiras contendo baixo teor de MS desencadeiam perdas por efluente e propiciam o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, devido ao excesso de umidade da forragem. O desenvolvimento dessas bactérias produz fermentações secundárias indesejáveis, havendo a formação de ácido butírico, o que caracteriza silagens de baixa qualidade, ocorrendo, concomitantemente degradação de proteína e de ácido lático (McDonald et al, 1991). Um outro fator que afeta a produção de silagem de boa qualidade é o teor de carboidratos solúveis, pois os capins tropicais, além de conterem elevado teor de umidade, normalmente são pobres em carboidratos solúveis, características que reduzem o sucesso da ensilagem. O desenvolvimento de bactérias desejáveis no interior do silo, sobretudo as lácticas, depende essencialmente da presença de carboidratos solúveis. Com a adequada produção de ácido lático e a rápida

redução do potencial hidrogeniônico (pH), são estabelecidas condições necessárias para inibição da atividade proteolítica das enzimas vegetais e da proliferação das bactérias indesejáveis (Muck, 1988).

O problema de excesso de umidade da forragem para produção de silagem, quando a planta tem alto valor nutritivo, tem merecido a atenção de pesquisadores. Diversos trabalhos têm sido realizados com o propósito de avaliar alternativas ou meios viáveis que possam beneficiar o processo fermentativo de silagens de capim-elefante, como a adição de alimentos ricos em carboidratos (Rodrigues et al., 2005), inoculantes enzimo-bacterianos (Henrique & Bose, 1992), produtos com elevados teores de MS (Bernardino et al., 2005) e substâncias nitrogenadas (Singh & Pandita, 1984), além da realização do pré-emurhecimento (Ferrari Júnior & Lavezzo, 2001).

O farelo de cacau (FC) é o subproduto gerado na industrialização das sementes do cacau, para produção de manteiga ou chocolate (Brasil, 1998). Considerando-se que o FC representa 10% da produção das amêndoas secas de cacau (IBGE, 2005), estima-se que a produção brasileira desse subproduto foi de 23.978,6 t em 2005.

Em estudos recentes, foi demonstrado que o FC substitui com sucesso concentrados de elevado custo, como o milho e o farelo de soja, na alimentação de ruminantes (Cunha Neto, 2004; Pires et al., 2004; Pires et al., 2005). Além disso, se adicionado à ensilagem de capim-elefante com alta umidade, ele poderá atuar como sequestrante de umidade e promover aumento dos teores de MS, uma vez que possui elevado conteúdo desta fração (90%) (Carvalho et al., 2004).

O experimento foi conduzido para determinar o valor nutritivo, as características fermentativas, as frações que compõem os carboidratos e proteínas e a degradabilidade ruminal da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), emurhecido ou com diferentes níveis de farelo de cacau.

## 1.1. LITERATURA CITADA

- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. Brasília: Sindirações/Anfar; CBNA; SDR/MA, 1998. 12p.
- CARVALHO, G.G.P. de.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. et al. Comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.919-925, 2004.
- CUNHA NETO, P.A. **Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) amonizado, farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de ovinos**. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2004. 42p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2004.
- FARIA, V.P. Técnicas de produção de silagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 1., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1986. p.119-144.
- 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.
- HENRIQUE, W.; BOSE, M.L.V. Efeito de aditivos enzimbacterianos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.3, p.429-437, 1992.
- IBGE. **Produção agrícola municipal (PAM)**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: dez. 2005.
- LAVEZZO, W. Silagem de capim-elefante. **Informe agropecuário**. V.11, n132, p. 50-57, 1985.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.
- PIRES, A.J.V., CARVALHO JÚNIOR, J.N., SILVA, F.F. et al. Farelo de cacau (*Theobroma cacao*) na alimentação de ovinos. **Revista Ceres**, v.26, n.286, p.33-46, 2004.
- PIRES, A.J.V., VIEIRA, V.F., SILVA, F.F. et al. Níveis de farelo de cacau (*Theobroma cacao*) na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica da Veterinária**, v.6, n.2, p.1-10, 2005.
- REZENDE, A.V., EVANGELISTA, A.R., BARCELOS, A.F. et al. Efeito da mistura de planta de girassol (*Helianthus annuus* L.), durante a ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) no valor nutritivo da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1938-1943, 2002.

RODRIGUES, P.H.M.; BORGATTI, L.M.O.; GOMES, R.W. et al. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1138-1145, 2005.

SINGH, A.P.; PANDITA, N.N. Effect of urea and molasses on fermentation of Napier silage. **Indian Journal Animal Science**, v.54, n.1, p.112-1145, 1984.

VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Coronel Pacheco, **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 1990. p.89-131.

## **Valor Nutritivo e Características Fermentativas de Silagens de Capim-Elefante Emurhecido ou com Farelo de Cacau**

RESUMO: O experimento foi conduzido para avaliar o valor nutritivo e as características fermentativas da silagem de capim-elefante submetido ao emurhecimento ou à adição de diferentes níveis de farelo de cacau. O capim-elefante utilizado foi colhido aos 50 dias de rebrota após o corte de uniformização e submetido aos seguintes tratamentos na ensilagem: capim-elefante emurhecido ao sol por oito horas, e capim-elefante sem emurhecimento com níveis de 0, 7, 14, 21 e 28% de farelo de cacau (FC) (% da matéria natural). Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, sendo o material acondicionado em silos de PVC com capacidade para 5,3 litros, que foram abertos após 45 dias. A inclusão do FC no capim-elefante mostrou-se eficiente em aumentar o teor de MS da silagem. O tratamento com 7% de inclusão de FC permitiu a produção de silagem com teor de MS semelhante ao do tratamento emurhecido ( $P>0,05$ ). As silagens com FC apresentaram maiores teores de NT, EE, lignina, NIDN e NIDA. Por outro lado, reduções nos teores de FDN, FDA CEL, HEM, cinzas, NDT e DIVMS foram detectadas com a adição do FC. O NDT estimado para o tratamento emurhecido foi superior ao dos demais tratamentos com e sem FC. Embora o FC tenha promovido redução da DIVMS, a inclusão dos níveis de 7 e 14% proporcionou digestibilidade elevada das silagens (acima de 60%). No tocante às variáveis inerentes às características fermentativas das silagens, o pH e os  $\text{CHO}_5$  reduziu e aumentaram, respectivamente, de forma linear ( $P<0,05$ ). O teor de  $\text{N-NH}_3$  aumentou linearmente, contudo, não se observou diferença estatística nos teores dos ácidos orgânicos das silagens com FC quando comparados ao tratamento emurhecido. Ao considerar-se apenas a inclusão do FC, o mesmo provocou um aumento linear no teor de ALAT. A qualidade fermentativa da silagem de capim-elefante melhorou com a adição de FC. O emurhecimento e o FC podem ser utilizados como alternativas para aumentar o teor de MS da silagem e produzir silagens de bom valor nutritivo.

Palavras-chave: ácidos orgânicos, fermentação, forrageira, *Pennisetum purpureum*, subproduto, *Theobroma cacao*

## **Nutritive Value and Fermentation Characteristics of Silage of Elephantgrass Wilted or with Cocoa Meal**

**ABSTRACT:** The experiment was conducted to evaluate the nutritive value and fermentation characteristics of silage on the submitted elephantgrass forage to wilting under the sun light for eight hours. Other treatments involved the same elephantgrass without exposing to sun light but with addition of 0, 7, 14, 21, and 28% of cocoa meal (CM) at the ensilage processing. The PVC silos used in the experiment were 5.3 liters in capacity, and were opened in 45 days. The addition of CM on elephantgrass showed to be efficient to increase silage DM content. The treatment of 7% addition of CM produced DM content similar to the wilted treatment ( $P>.05$ ). The treatments involving addition of CM presented high total nitrogen, ether extract, lignin, neutral detergent insoluble nitrogen and acid detergent insoluble nitrogen contents. Reductions in neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose, hemicellulose, ashes, total digestives nutrients (TDN), and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) contents were detected with the addition of CM. The estimated TDN to wilted treatment was greater than the other treatments with or without CM. Although the CM had provided reduction in IVDMD, the 7 and 14% levels of inclusion resulted in elevated digestibility of the silages (over 60%). Relative to variables inherent to silages fermentation characteristic, pH and soluble carbohydrates, they showed linear reduction and increase, respectively ( $P<.05$ ). The ammoniacal nitrogen content increased linearly; however, no statistical difference was observed in organic acids contents of silages with CM when compared to wilted treatment. Considering only the CM inclusion, it caused a linear increase of lactic acid content. The wilting and CM can be used as alternatives to increase silage DM content.

Key words: organic acids, fermentation, roughage, *Pennisetum purpureum*, by-product, *Theobroma cacao*

## Introdução

A irregularidade das chuvas constitui-se em fator limitante para a produção de forrageiras, tanto para espécies exóticas como nativas. Todavia, além da adaptação edafo-climática das espécies, o manejo inadequado pode impedir o melhor aproveitamento de forrageiras com alto potencial produtivo.

Originário da África, o capim-elefante é uma das forrageiras com maior potencial para utilização na forma de silagem, principalmente por sua alta produção de matéria seca (MS) e pelo equilíbrio de nutrientes quando novo, sendo cultivado em todo o Brasil (Lopes et al., 2000; Queiroz Filho et al., 2000). Entretanto, a presença do alto teor de umidade no momento ideal para o corte e o baixo teor de carboidratos solúveis na maioria das gramíneas forrageiras, são fatores que inibem o adequado processo fermentativo e dificultam a produção de silagens de boa qualidade (Ferrari Júnior & Lavezzo, 2001).

A conservação de uma determinada forrageira como silagem, envolve um complexo processo bioquímico e microbiológico, desde a colheita até a sua utilização na alimentação animal. A forrageira ensilada é conservada por produtos originados da fermentação anaeróbica e, normalmente, os critérios utilizados para classificação de silagens abrangem os valores de pH, os ácidos orgânicos e o nitrogênio amoniacal (Vilela, 1998).

A ensilagem de forrageiras com baixo teor de MS quase sempre resulta, em silagem de baixa qualidade, pois, dentre os problemas observados, são evidenciados grande produção de efluentes, desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, com perdas de MS e de valor nutritivo do material. Além disso, o consumo de MS pode ser reduzido por ocasião do fornecimento de forragens com teor de umidade elevado (McDonald et al., 1991).

Na tentativa de aumentar o teor de MS e a concentração de carboidratos solúveis de gramíneas como o capim-elefante no momento da ensilagem, o emurchecimento do material e o uso de aditivos são técnicas que têm sido recomendadas (Tosi et al., 1995; Tosi et al., 1999). Todavia, a perda de umidade por exposição ao sol nem sempre é satisfatória, pois o diâmetro dos colmos do capim-elefante dificulta a migração de água do interior para a periferia destes (Tosi et al., 1999). O emurchecimento do capim aumenta o tempo entre o corte e a vedação do silo, resultando em maiores perdas devido ao processo respiratório e à atividade proteolítica da planta, que resultam na redução dos substratos fermentáveis e aumento do nitrogênio não protéico (McDonald et al.,

1991). Além disso, a adoção desta prática aumenta os gastos com mão-de-obra (Souza et al., 2003).

Por outro lado, alguns autores (Machado Filho & Mühlbach, 1986; Vilela, 1990) têm verificado que, deixando o capim-elefante cortado e exposto ao sol por 6 a 12 horas, ocorre aumento no teor de MS, que, embora não permita a obtenção de material com 30 a 35% de MS, desejável para a ensilagem (Muck, 1988), propicia a obtenção de silagens de boa qualidade.

Além do emurchecimento, outras alternativas podem ser adotadas para a ensilagem do capim-elefante quando novo. Tanto o rolão de milho (Andrade, 1995) quanto o grão de milho triturado têm sido adicionados na ensilagem do capim-elefante, propiciando silagens com fermentação adequada e nutricionalmente convenientes.

Ferrari Júnior & Lavezzo (2001) avaliaram a qualidade da silagem de capim-elefante emurchecido e, ou, acrescido de farelo de mandioca. Os autores destacaram que o processo de emurchecimento pela exposição do capim ao sol aumentou o teor de MS da forragem, favorecendo o processo de ensilagem e a qualidade, sendo aquele com 12% de farelo de mandioca o mais eficiente.

O farelo de cacau é um subproduto resultante da industrialização da amêndoa do cacau, para a obtenção da manteiga do cacau e do chocolate, que, também tem sido utilizado com sucesso na alimentação de ruminantes. Silva et al. (2005) relataram valores de 86,14 e 13,62%, respectivamente, para os teores de MS e proteína bruta. Assim, por apresentar elevado conteúdo de MS e propriedades higroscópicas, se adicionado ao capim-elefante no momento da ensilagem, poderá atuar como aditivo sequestrante de umidade, promovendo acréscimo no teor de MS, propiciando, portanto, silagens de bom valor nutritivo e adequadas características fermentativas.

O experimento foi conduzido para determinar o valor nutritivo e as características fermentativas da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier) submetido ao emurchecimento ou à adição de diferentes níveis de farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.).

## Material e Métodos

Foi utilizado o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), proveniente de uma capineira estabelecida em um solo classificado do tipo chernossolo argilúvio, ótico, típico, estruturado hipereutrófico, com textura argilosa, fase floresta subcaducifólia e relevo ondulado (EMBRAPA, 1999), pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, BA.

O capim foi submetido a um corte de uniformização, a uma altura média de 10 cm do solo e após 50 dias de rebrota, o capim foi colhido manualmente, sendo picado em fragmentos médios de 2 cm em ensiladeira estacionária e submetido aos seguintes tratamentos para ensilagem:

- A – capim-elefante emurchecido ao sol por 8 horas;
- B – capim-elefante sem emurchecimento;
- C – capim-elefante (93%) mais farelo de cacau (7%);
- D – capim-elefante (86%) mais farelo de cacau (14%);
- E – capim-elefante (79%) mais farelo de cacau (21%);
- F – capim-elefante (72%) mais farelo de cacau (28%).

Na obtenção do capim-elefante emurchecido para produção de silagem que caracterizou o tratamento A, o capim colhido foi espalhado no campo e, após oito horas de exposição ao sol, picado e ensilado. Já para os tratamentos com adição de farelo de cacau (FC), logo após o corte do capim e posterior trituração em ensiladeira estacionária, sem nenhum emurchecimento prévio, o farelo foi imediatamente adicionado ao capim-elefante, na base da matéria natural (peso/peso) na mistura. A composição química do capim-elefante emurchecido, sem emurchecimento e do FC pode ser observada na Tabela 1.

Adotando-se uma compactação de 500 kg/m<sup>3</sup>, o material foi ensilado em silos experimentais de PVC, cilíndricos, com 0,15 m de diâmetro e 0,3 m de comprimento, com capacidade para 5,3 litros, que foram vedados com lona plástica, nas duas extremidades, com auxílio de arame liso galvanizado e fita plástica, sendo armazenados em galpão coberto, durante 45 dias.

Após este período, os silos foram abertos, procedendo-se então a coleta de amostras, os 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.

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), cinza, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos solúveis (CHOs), pH e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de cacau

Item	Capim-elefante		
	Não emurchecido	Emurchecido	Farelo de cacau
MS	20,3	27,8	89,8
MO <sup>1</sup>	90,4	90,2	92,6
PB <sup>1</sup>	8,6	8,5	13,5
EE <sup>1</sup>	1,7	1,8	9,9
FDN <sup>1</sup>	71,1	68,6	48,5
FDN <sub>CP</sub> <sup>1</sup>	67,5	65,2	43,6
FDA <sup>1</sup>	43,6	41,3	40,0
Cinza <sup>1</sup>	9,6	9,8	7,4
Lignina <sup>1</sup>	3,3	3,3	17,9
Celulose <sup>1</sup>	40,3	37,9	23,1
Hemicelulose <sup>1</sup>	27,4	27,3	8,5
NIDN <sup>1</sup>	0,21	0,23	1,1
NIDA <sup>1</sup>	0,15	0,16	1,0
NIDN <sup>2</sup>	15,2	16,9	50,5
NIDA <sup>2</sup>	10,8	11,8	47,7
CHO <sup>1</sup>	80,1	79,9	69,2
CNF <sup>1</sup>	12,6	14,4	25,7
CHOs <sup>1</sup>	10,9	10,2	12,2
pH	5,6	5,6	-
DIVMS <sup>1</sup>	63,5	64,2	47,0

<sup>1</sup> % da MS; <sup>2</sup> % do NT.

Parte das amostras foram descongeladas à temperatura ambiente, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de pré-secagem, por 72 horas à temperatura de 65°C. Em seguida, foram moídas em moinho tipo Wiley, em peneira com malha de 1 mm, e submetidas às análises de nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), carboidratos solúveis (CHOs), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), cinzas e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002) e nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo a metodologia proposta por Weiss et al. (1992), com

as modificações sugeridas pelo NRC (2001), representadas pelas equações que se seguem:

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

Sendo:

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

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

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

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

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

Em que:

CNFD = Carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis;

PBD = Proteína bruta verdadeiramente digestível;

AGD = Ácidos graxos verdadeiramente digestíveis;

FDND = FDN verdadeiramente digestível;

PBFDA = Proteína bruta ligada à FDN;

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

PBFDA = Proteína bruta ligada à FDA.

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 & Schofield (1993).

Parte da silagem *in natura* (50 g) foi triturada com 200 mL de água, em liquidificador industrial, e filtrada em gaze para extração do meio aquoso, que foi utilizado imediatamente para análise de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e pH. O teor de N-NH<sub>3</sub>, como porcentagem do N-Total, foi dosado imediatamente, utilizando-se óxido de magnésio e cloreto de cálcio, segundo Cunniff (1995). Já os teores de ácidos láctico, acético, propiônico e butírico foram quantificados em cromatógrafo a gás, segundo metodologia descrita por Wilson (1971), com modificações de Boin (1975).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. O efeito dos níveis de FC foram interpretados por meio de análise de variância e regressão e a comparação entre os níveis de farelo e o emurhecimento foi realizada conforme Dunnett (1955), utilizando o Statistical Analyses System (SAS, 1999).

## Resultados e Discussão

A exposição do capim-elefante ao sol por oito horas foi eficiente em reduzir o teor de umidade da gramínea. A adição de FC também promoveu redução do teor de umidade, de forma satisfatória (Tabela 2). Entre os tratamentos avaliados, aquele com 7% de adição de FC ao capim-elefante produziu silagem com teor de MS (25,3%) similar ( $P>0,05$ ) àquele em que o capim foi apenas emurchecido (24,2%). Com exceção do tratamento 0% de adição de FC, que proporcionou silagem com teor de MS (20,07%) inferior ao tratamento emurchecido, os demais tratamentos 14, 21 e 28% de adição de FC no capim-elefante, permitiram a produção de silagens com teor de MS superior ( $P<0,05$ ) ao tratamento emurchecido, sendo os acréscimos, respectivamente, de 4,9, 9,3 e 15,3 unidades percentuais.

Tabela 2 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), cinza, nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens de capim-elefante emurchecido (EMUR) e não emurchecido com farelo de cacau

Item	Farelo de cacau (% na MN)						CV (%) <sup>2</sup>
	EMUR	0	7	14	21	28	
MS	25,3	20,1*	24,2	30,3*	34,5*	40,7*	4,8
MO <sup>1</sup>	89,6	90,1	90,6	91,2*	91,8*	91,8*	3,6
NT <sup>1</sup>	1,3	0,9*	1,2	1,5	1,6	1,7*	11,0
FDN <sup>1</sup>	71,3	76,5*	71,4	66,3*	63,9*	61,9*	2,5
FDN <sub>CP</sub> <sup>1</sup>	67,3	73,0*	66,2	61,0*	57,7*	55,7*	2,7
FDA <sup>1</sup>	45,5	50,5*	49,5*	46,4	47,5	47,4	2,9
EE <sup>1</sup>	4,4	2,9*	3,5*	4,4	4,9	5,5*	9,3
CEL <sup>1</sup>	40,5	45,4*	41,0	35,4*	34,3*	32,8*	4,5
HEM <sup>1</sup>	25,8	26,0	21,9	19,9*	16,4*	14,4*	9,9
LIG <sup>1</sup>	3,5	4,1	8,0*	10,0*	12,3*	14,2*	10,7
NIDN <sup>1</sup>	0,22	0,18	0,40*	0,63*	0,75*	0,88*	10,4
NIDA <sup>1</sup>	0,15	0,13	0,36*	0,42*	0,49*	0,55*	11,5
Cinza <sup>1</sup>	10,4	9,9	9,4	8,8*	8,2*	8,2*	6,5
NDT <sup>1</sup>	58,6	52,3*	44,5*	43,1*	40,7*	38,4*	4,2
DIVMS <sup>1</sup>	66,2	66,0	63,0*	61,3*	59,5*	57,8*	2,9

\* As médias seguidas por asterisco diferem da testemunha ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

<sup>1</sup> Em % da matéria seca.

<sup>2</sup> Coeficiente de variação.

A adição de FC propiciou acréscimo linear ( $P < 0,01$ ) no teor de (Tabela 3). Tal comportamento já era esperado, em decorrência do mais alto teor de MS do FC, demonstrando este subproduto potencial de uso como aditivo sequestrante de umidade, em forrageiras ensiladas com baixo teor de matéria seca. Estimado pela equação de regressão, o nível de FC a ser adicionado ao capim-elefante, aos 50 dias de rebrota, para produção de silagem com teor de MS de 30%, é de 14,4%. Segundo Muck (1988), o teor de MS da forrageira ideal para produção de silagem de bom valor nutritivo é de 30%. Entretanto, para o capim-elefante, o estágio vegetativo em que o mesmo apresenta bom valor nutritivo não coincide com esse teor de MS, necessitando, portanto, de algum pré-tratamento antes da ensilagem. O nível mínimo de FC estimado pela equação de regressão, a ser adicionado ao capim-elefante, que propicia produção de silagem com teor de MS ( $>25\%$ ) recomendado por McDonald et al. (1991), é de 7,3%.

Tabela 3 - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação obtidos para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e cinzas, em função dos níveis de farelo de cacau no capim-elefante não emurhecido

Item	Equação de regressão	CV(%)	r <sup>2</sup>
MS	$\hat{Y} = 19,632 + 0,73557^{**} FC$	5,1	0,99
MO <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 90,2076 + 0,0656963^{**} FC$	4,2	0,95
NT <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 0,946344 + 0,0305999^{**} FC$	10,2	0,96
FDN <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 75,3390 - 0,52536^{**} FC$	5,8	0,96
FDN <sub>CP</sub> <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 71,3770 - 0,61775^{**} FC$	7,7	0,95
FDA <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 50,75871 - 0,36545^{**} FC + 0,00891^{*} FC^2$	3,8	0,82
EE <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 2,8960 + 0,09604^{**} FC$	7,6	0,99
CEL <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 44,1580 - 0,45568^{**} FC$	4,5	0,92
HEM <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 25,4550 - 0,40957^{**} FC$	10,8	0,99
LIG <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 4,8120 + 0,34989^{**} FC$	10,4	0,98
NIDN <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 0,2200 + 0,02475^{**} FC$	10,1	0,98
NIDA <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 0,1960 + 0,01375^{**} FC$	10,5	0,90
Cinzas <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 9,7930 - 0,06571^{**} FC$	6,8	0,95

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1</sup> % da MS.

Para o teor de matéria orgânica (MO), os tratamentos 0 e 7% de adição de FC ao capim-elefante apresentaram resultados similares ao tratamento emurchecido ( $P>0,05$ ). Por outro lado, os tratamentos 14, 21 e 28% de adição de FC foram superiores ( $P<0,05$ ) (Tabela 2). A análise de regressão mostrou que a adição de quantidades crescentes de FC resultou em efeito linear crescente nos teores de MO da silagem. Como o FC utilizado continha teor de cinzas inferior ao do capim-elefante, duas unidades percentuais a menos, era esperado que, com a inclusão dos níveis de FC, ocorresse aumento nos teores de MO da silagem.

No tocante ao teor de nitrogênio total (NT), os tratamentos com 7, 14 e 21% de adição de FC ao capim-elefante apresentaram resultados similares ao tratamento emurchecido. Todavia, resultado inferior e superior ao tratamento emurchecido foram observados, respectivamente, para os tratamentos 0 e 28% de adição de FC.

A adição de FC na ensilagem do capim-elefante aumentou de forma linear os teores de NT na silagem (Tabela 3). Isto é atribuído ao maior teor de nitrogênio no FC em relação ao capim-elefante (Tabela 1).

Ferrari Júnior & Lavezzo (2001) estudaram a adição de farelo de mandioca ao capim-elefante na produção de silagem e observaram decréscimo linear do teor de NT com o aumento dos níveis de inclusão. Tal diferença entre os dois experimentos deve-se ao fato do FC conter maior teor de NT (2,2%) do que o farelo de mandioca (0,3%).

Observa-se que o tratamento não emurchecido e sem adição de FC (0%) não preservou o teor de NT, pois a forrageira, antes de ser ensilada, apresentava um teor de 1,38% de NT e, após a abertura dos silos, esse valor na silagem reduziu para 0,87%. Tudo indica que o baixo teor de MS tenha prejudicado a fermentação e, possivelmente, tenha ocorrido proteólise no interior do silo, reduzindo o teor deste nutriente em tal tratamento. Por outro lado, este fato não ocorreu com o emurchecimento, uma vez que o teor de NT foi preservado, sendo observado 1,36 e 1,35%, respectivamente, no capim-elefante emurchecido e na silagem produzida com este capim.

Para os valores obtidos para a fibra em detergente neutro (FDN) e FDN isenta de cinza e proteína ( $FDN_{CP}$ ), observou-se comportamento semelhante (Tabela 2). A silagem produzida sem adição de FC e não emurchecida apresentou maiores teores destas frações. Contudo, valores inferiores ao tratamento emurchecido foram detectados nas silagens produzidas com 7, 14, 21 e 28% de FC. A análise de regressão mostrou que a adição dos níveis de FC ao capim-elefante, para produção de silagem, resultou em diminuição linear dos teores de FDN e  $FDN_{CP}$  (Tabela 3). Isto se deve, provavelmente,

aos menores teores destes constituintes no FC em relação ao capim-elefante.

Conforme exposto na Tabela 2, o teor de fibra em detergente ácido (FDA) das silagens produzidas com 0 e 7% de adição de FC foi superior ao do tratamento emurchecido ( $P < 0,05$ ). No entanto, os tratamentos com 14, 21 e 28% de FC apresentaram valor similar ao do testemunha (emurchecido). Ao considerar-se apenas os níveis de inclusão de FC no capim-elefante, o teor de FDA das silagens apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ), estimando-se valor mínimo de 47,0% para o nível de 20,5% de FC. Essa resposta é de difícil explicação, pois o FC possui teor de FDA (40,1%) semelhante ao do capim-elefante (43,7%); assim, esperava-se pequena redução ou nenhuma alteração desta fração nas silagens.

A análise estatística dos dados de extrato etéreo (EE) revelou diferenças ( $P < 0,05$ ) entre o tratamento emurchecido e os com adição de 0, 7 e 28% de FC. Já os tratamentos com 14 e 21% de adição de FC apresentaram-se semelhantes ao emurchecido. A adição de FC ao capim-elefante, resultou em aumento linear ( $P < 0,01$ ) no teor de EE das silagens, provavelmente devido ao maior conteúdo deste constituinte no FC.

O teor de celulose da silagem produzida com 7% de adição de FC ao capim-elefante, foi similar ( $P > 0,05$ ) ao da silagem produzida com capim-elefante emurchecido. Entretanto, as silagens produzidas com capim-elefante com 0, 14, 21 e 28% de FC diferiram significativamente do tratamento testemunha (emurchecido). Quanto a hemicelulose, as silagens produzidas com 0 e 7% de FC apresentaram resultados similares ao do tratamento emurchecido. A partir do nível de 14% de adição de FC ao capim, as silagens apresentaram resultados inferiores ao obtido para a silagem produzida com capim-elefante emurchecido (Tabela 2).

Tanto o teor de celulose quanto o de hemicelulose das silagens decresceram linearmente com a inclusão dos níveis de FC no capim-elefante (Tabela 3), com reduções de 9,6, 22,0, 24,4 e 27,7% para o teor de celulose e de 15,8, 23,5, 36,9 e 44,5% para o de hemicelulose, respectivamente, para os níveis de 7, 14, 21 e 28%, em relação ao tratamento sem adição de farelo. Tudo indica que o baixo teor destas frações no FC, 23,1 e 8,5%, respectivamente, tenham sido responsáveis por tal redução.

Para o teor de lignina, apenas a silagem produzida com capim-elefante sem adição de FC apresentou valor similar ao tratamento emurchecido. Os demais tratamentos (7, 14, 21 e 28% de adição de FC) foram estatisticamente superiores ao tratamento emurchecido. Os elevados teores de lignina nas silagens produzidas com capim-elefante contendo FC se devem ao alto valor desta fração no FC (17,92%). Isto explica o

aumento linear ( $P < 0,01$ ) dos teores de lignina na silagem em função dos níveis de inclusão de FC.

No tocante aos teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (Tabela 2), o comportamento foi semelhante, pois apenas a silagem produzida com capim-elefante com 0% de FC, apresentou teores destas frações similares ao do tratamento emurchecido. Constataram-se valores superiores ( $P < 0,05$ ) de NIDN e NIDA nas silagens produzidas com 7, 14, 21 e 28% de FC em relação à silagem produzida com capim emurchecido.

O estudo da regressão revelou efeito linear crescente dos níveis de FC sobre os teores de NIDN e NIDA das silagens (Tabela 3). Segundo McDonald et al. (1991), o aquecimento da massa ensilada, por ocasião da fermentação no interior do silo, contribui para a elevação dos teores de NIDN e NIDA. Contudo, o aumento dos teores de NIDN e NIDA nas silagens pode ser explicado pelos maiores valores destes no FC em relação ao capim-elefante no momento da ensilagem, conforme evidenciado na Tabela 1. Os valores estimados em função dos níveis de FC (0, 7, 14, 21 e 28%) foram, respectivamente, 0,22; 0,39; 0,56; 0,74 e 0,91% de NIDN e 0,20; 0,29; 0,38; 0,48 e 0,58% de NIDA.

Do ponto de vista nutricional, não é desejável elevação nos teores de NIDA, pois o nitrogênio retido na FDA é indisponível aos microrganismos ruminais (Van Soest, 1994).

O comportamento linear obtido no presente estudo para os teores de NIDA, em função dos níveis de FC, assemelha-se ao encontrado por Souza et al. (2003), que estudaram a adição de níveis crescentes de casca de café na ensilagem de capim-elefante, e observaram elevação dos teores de NIDA.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens produzidas com capim-elefante com FC foi inferior ( $P < 0,05$ ) ao do tratamento emurchecido (Tabela 2). Observou-se redução linear do NDT em função dos níveis de FC (Figura 1), estimando-se decréscimo de 0,45 unidades percentuais por unidade de FC adicionada. Esse decréscimo deve-se aos elevados teores de NIDA e lignina presentes no FC, pois na estimativa do teor de NDT das silagens, obtida pela equação proposta por Weiss et al. (1992) e adaptada pelo NRC (2001), leva-se em consideração a PB verdadeiramente digestível, que é calculada a partir da fração de proteína retida na FDA, e a FDN verdadeiramente digestível, que, dentre outras frações, leva em consideração o teor de lignina da forragem.

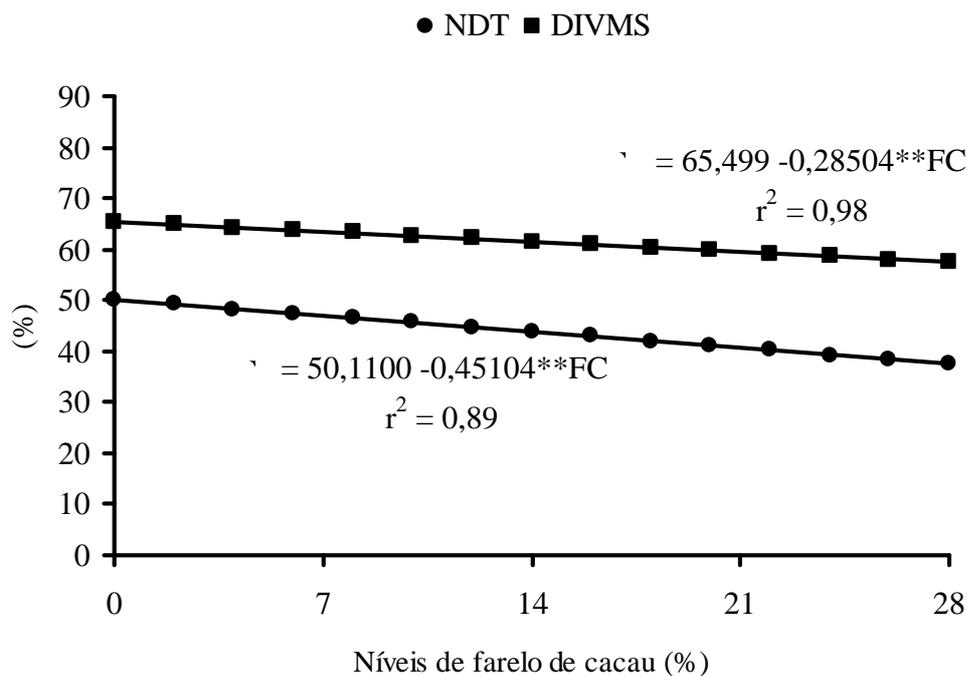


Figura 1 - Estimativa dos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens em função de diferentes níveis de farelo de cacau (FC)  
\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Ao estudar a eficácia das equações propostas pelo NRC (2001) para avaliação energética de alimentos, Rocha Júnior (2002) compilou uma série de valores de NDT, obtidos na literatura nacional a partir de experimentos *in vivo*, e os comparou com os valores preditos pelas equações do NRC (2001). Não observando diferença significativa entre os valores observados e preditos, o autor sugeriu que as equações são adequadas para prever o valor energético dos alimentos nas condições brasileiras. Da mesma forma, Valadares Filho et al. (2003), ao realizarem uma ampla revisão acerca da estimativa do valor energético dos alimentos em condições tropicais, verificaram que os valores de NDT estimados pelas equações do NRC (2001), por meio da composição química dos alimentos, foram similares aos observados nos experimentos *in vivo*, podendo-se afirmar que os valores de NDT observados para as silagens no presente experimento foram estimados de forma eficaz.

Rocha Júnior et al. (2003), avaliando a estimativa do valor energético de alimentos e a validação das equações propostas pelo NRC (2001), observaram valor de NDT predito da silagem de capim-elefante de 50,6%, o que é próximo do valor obtido de 52,3% para a silagem com 0% de FC, no presente estudo.

Menor estimativa do teor de NDT (44,8%) foi relatada por Rodrigues et al.

(2001), que avaliaram o valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). Isso pode ser explicado pelo estágio de maturação mais avançado do capim utilizado pelos autores (75 dias de crescimento) em relação ao utilizado no presente experimento (50 dias de crescimento).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) observada para a silagem produzida sem adição de FC (66,0%) foi similar ( $P>0,05$ ) ao valor obtido para a silagem testemunha, produzida com capim-elefante emurhecido (66,2%). As silagens produzidas com capim-elefante contendo FC apresentaram DIVMS inferior à silagem de capim emurhecido (Tabela 2). Possivelmente, a redução observada na DIVMS das silagens de capim-elefante com FC seja decorrente da composição do FC, pois o mesmo apresentou elevado teor de lignina, que é um composto fenólico, o qual é nutricionalmente indigestível pelos microrganismos ruminais.

A adição de níveis crescentes de FC ocasionou redução linear na DIVMS das silagens (Figura 1), estimando-se decréscimo de 0,28% para cada unidade de FC adicionada ao capim-elefante. Estimados pela equação de regressão (Figura 1), os valores encontrados de DIVMS, para os tratamentos 0, 7, 14, 21 e 28% de adição de FC, foram, respectivamente, 65,5; 63,5; 61,5; 59,5 e 57,5%. Os resultados encontrados no presente experimento corroboram os encontrados por Bernardino et al. (2005), que estudando a adição de níveis de casca de café (0, 10, 20, 30 e 40%) no capim-elefante, observaram redução linear da DIVMS das silagens. Do mesmo modo, Souza et al. (2003) também avaliaram o capim-elefante com casca de café (0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8%) na produção de silagem e registraram decréscimo linear da DIVMS.

A silagem produzida com capim-elefante com 14% de FC apresentou valor de pH similar ( $P>0,05$ ) ao da silagem de capim emurhecido (testemunha), observando-se valores de pH diferentes nos demais níveis de FC em relação ao tratamento emurhecido (Tabela 4). O tratamento sem FC apresentou valor de pH (4,75) superior ( $P<0,05$ ) ao tratamento emurhecido (4,28). Andrade & Melotti (2004) avaliaram o efeito de alguns tratamentos sobre as características fermentativas da silagem de capim-elefante e observaram valor de pH, para o tratamento emurhecido, de 4,08, valor este próximo do obtidos neste trabalho. Por outro lado, os tratamentos 21 e 28% de adição de FC ao capim-elefante originaram pH inferior ao do tratamento emurhecido. Dentre os tratamentos estudados, a silagem de capim-elefante emurhecido e às com 14, 21 e 28% apresentaram valor de pH dentro da faixa considerada como ótima (3,8 a 4,2) para a fermentação adequada (McDonald et al., 1991).

Tabela 4 - Média de pH e dos teores de carboidratos solúveis (CHOs), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), ácido lático (ALAT), ácido acético (AACET), ácido propiônico (APROP) e ácido butírico (ABUT) das silagens de capim-elefante emurcheado (EMUR) e não emurcheado com farelo de cacau

Item	Farelo de cacau (% na MN)						CV (%) <sup>1</sup>
	EMUR	0	7	14	21	28	
pH	4,28	4,75*	4,64*	4,12	3,89*	3,89*	3,9
CHOs <sup>2</sup>	1,78	1,10*	2,21*	3,29*	3,43*	4,03*	6,8
N-NH <sub>3</sub> <sup>3</sup>	2,59	2,90*	2,78*	2,97*	3,45*	3,85*	7,9
ALAT <sup>2</sup>	2,49	2,23	2,48	3,14	3,49	3,47	20,2
AACET <sup>2</sup>	0,56	0,59	0,47	0,60	0,62	0,63	22,1
APROP <sup>2</sup>	0,13	0,15	0,11	0,12	0,10	0,12	25,9
ABUT <sup>2</sup>	0,21	0,23	0,16	0,14	0,16	0,16	23,5

\* As médias seguidas por asterisco diferem da testemunha ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação; <sup>2</sup> % da MS; <sup>3</sup> % do NT.

O pH das silagens foi afetado significativamente pela adição dos níveis de FC ao capim-elefante, revelando comportamento linear decrescente (Tabela 5). Estimado pela equação de regressão (Tabela 5), o nível de FC a ser adicionado ao capim-elefante para produzir silagens com pH dentro da faixa tida como ótima (3,8-4,2) deve ser de 15,5 a 26,9%.

O pH alto é indicativo de maior produção dos ácidos acético e butírico, que são característicos dos processos de fermentação indesejáveis (Van Soest, 1994). Embora o valor de pH da silagem não seja considerado isoladamente um bom critério para avaliação da fermentação (Bernardino et al., 2005), uma vez que seu efeito inibitório sobre as bactérias depende da velocidade do abaixamento e da umidade do meio, a adição de níveis de FC superiores a 14%, contribuiu para valores mais baixos de pH das silagens. Além disso, os teores mais altos de ácido lático nessas silagens (Tabela 4), pode explicar esses valores mais baixos de pH.

Os teores de carboidratos solúveis (CHOs) observados nas silagens produzidas com capim-elefante com FC diferiram (P<0,05) do tratamento testemunha (emurcheado). Os CHOs são utilizados durante o processo fermentativo para a rápida redução do pH e para a produção de ácido lático, assim, a presença dos mesmos na silagem, é indicativo de presença de açúcar residual. No estudo da análise de regressão, detectou-se aumento dos teores de CHOs em função dos níveis de inclusão de FC ao capim-elefante (Tabela 5). Como FC apresentou teor de CHOs 10,9% superior ao do capim-elefante, isto pode ser a possível explicação para os maiores teores de açúcares

residual encontrados nas silagens com FC.

Tabela 5 - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação obtidos para os valores de pH e teores de carboidratos solúveis (CHOs), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), ácido lático (ALAT), ácido acético (AACET), ácido propiônico (APROP) e ácido butírico (ABUT), em função dos níveis de farelo de cacau no capim-elefante não emurchecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r <sup>2</sup>
pH	$\hat{Y} = 4,7475 - 0,03525^{**} FC$	4,1	0,90
CHOs	$\hat{Y} = 1,3810 + 0,10182^{**} FC$	6,8	0,93
N-NH <sub>3</sub>	$\hat{Y} = 2,86758 - 0,01741^{**} FC + 0,00193^{**} FC^2$	7,9	0,98
ALAT	$\hat{Y} = 2,26150 + 0,05004^{**} FC$	19,4	0,91
AACET	$\hat{Y} = 0,58$	31,7	-
APROP	$\hat{Y} = 0,12$	35,5	-
ABUT	$\hat{Y} = 0,17$	29,0	-

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Avaliando a adição de farelo de mandioca (0, 2, 4, 8, 12%) na ensilagem de capim-elefante, Ferrari Júnior & Lavezzo (2001) também observaram elevação dos teores de CHO<sub>S</sub> com a inclusão dos níveis crescentes de farelo de mandioca. Entretanto, a partir do menor nível de farelo (2%) adicionado, os autores já detectaram teor de CHO<sub>S</sub> superior a 12%. Estes valores estão muito acima dos observados neste estudo e, apesar do teor de CHO<sub>S</sub> do farelo de mandioca não ter sido relatado pelos autores, tudo leva a crer que, os menores valores obtidos no presente trabalho, se devem ao menor teor de CHO<sub>S</sub> no farelo de cacau em relação ao resíduo de mandioca utilizado pelos autores.

Os valores de CHO<sub>S</sub> presentes na silagem são bem inferiores aos observados no material original (capim-elefante e FC), indicando que boa parte dos CHO<sub>S</sub> foram utilizados pelas bactérias produtoras de ácido lático, contribuindo, desta forma, para redução do pH (Tabela 4).

Quanto aos teores de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), as silagens produzidas com adição de FC ao capim-elefante apresentaram valores superiores (P<0,05) ao obtido para a silagem de capim-elefante emurchecido. Verificou-se comportamento quadrático para os teores de N-NH<sub>3</sub> (P<0,01) das silagens em função dos níveis de adição de FC, estimando-se valor mínimo de 2,83 de N-NH<sub>3</sub> para o nível de 4,51% de adição de FC.

Resultados semelhantes para teores de N-NH<sub>3</sub> foram relatados por Neiva et al.

(1999), que, ao avaliarem o uso de cana-de-açúcar desidratada como aditivo na ensilagem de capim-elefante, encontraram teor de 4,5% de N-NH<sub>3</sub> e, por Silva et al. (1999), que observaram valores de 3,17; 2,99 e 3,28% de N-NH<sub>3</sub>, em silagens de sorgo.

Ferreira et al. (2004) avaliaram níveis de bagaço de caju (0, 12, 24, 36 e 48%) na ensilagem de capim-elefante e registraram teores de N-NH<sub>3</sub> de 4,0; 3,5 e 3,1%, respectivamente, para os níveis de 24, 36 e 48% de adição. Os valores obtidos pelos autores assemelham-se aos encontrados neste experimento para os níveis de 14, 21 e 28% de FC adicionado ao capim-elefante.

Apesar do comportamento quadrático observado, de maneira geral, os teores de N-NH<sub>3</sub> das silagens foram baixos, estimando-se valor máximo de 3,89% para o nível de 28% de adição de FC. Os valores observados neste trabalho estão dentro da faixa recomendada por Roth & Undersander (1995), que consideraram uma silagem de boa qualidade, quando os teores de N-NH<sub>3</sub> em relação ao N-total são menores que 5%.

O teor de ácido láctico (ALAT) das silagens com adição de FC foi similar ao da silagem com capim-elefante emurchecido. Contudo, o estudo de regressão revelou acréscimo linear nos teores de ALAT das silagens em função dos níveis de FC. Os teores de ALAT estimados foram, respectivamente, 2,26; 2,61; 2,96; 3,31 e 3,66% para os níveis de 0, 7, 14, 21 e 28% de FC.

Rodrigues et al. (2005) estudaram níveis de adição de polpa cítrica (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 e 15,0%) na ensilagem de capim-elefante e observaram que a máxima produção de ALAT foi obtida com adição 5,8% de polpa. Os valores de ALAT obtidos pelos autores foram maiores do que os observados neste experimento, contudo, as silagens produzidas com FC apresentaram teores de ALAT satisfatórios, segundo as recomendações de Rodriguez et al. (1999). O estágio de maturidade e o tipo de material a ser ensilado, associados ao teor de MS e à presença de CHO<sub>s</sub>, são alguns fatores que determinam a extensão da fermentação no interior do silo e a quantidade de ALAT na silagem. Portanto, essas variações observadas entre os teores de ALAT nos experimentos realizados com forrageiras tropicais são comuns.

No tocante aos teores de ácido acético (AACET), ácido propiônico (APROP) e ácido butírico (ABUT), os valores obtidos para as silagens produzidas com FC foram similares ( $P>0,05$ ) ao encontrado para a silagem de capim-elefante emurchecido (Tabela 4). A análise de regressão, também não detectou efeito significativo de níveis de FC sobre essas variáveis (Tabela 5).

De maneira geral, a concentração dos ácidos orgânicos (ALAT, AACET, APROP

e ABUT) observada para todos os tratamentos pode ser considerada suficiente para boa preservação e estabilidade de silagem. Apesar de não ter havido diferença significativa, houve variação de até 25% nos teores de AACET entre os tratamentos. Contudo, todos os valores de AACET observados para os tratamentos estão abaixo do nível crítico de 0,8% (Muck, 1988). Níveis de AACET superiores a este indicam alterações indesejáveis ocorridas durante a fermentação.

Resultados semelhantes aos observados neste experimento para o teor de AACET foram relatados por Rodrigues et al. (2005), que estudaram a inclusão de polpa cítrica na ensilagem de capim-elefante. Os autores registraram teor médio de AACET de 0,66%, que é próximo dos 0,63% observados no nível de 28% de FC.

Para o APROP, observaram-se variações de 0,10 a 0,15% e, portanto, estão de acordo com os valores estabelecidos por Roth & Undersander (1995). Lavezzo et al. (1990) estudaram o efeito do emurchecimento, formol, ácido fórmico e solução de “Viher” sobre a qualidade de silagens de capim-elefante, cultivares Mineiro e Vruckwona, e observaram valor médio de APROP de 0,23%. Pelos valores de pH e N-NH<sub>3</sub> observados anteriormente, pode-se inferir que as silagens foram bem preservadas, uma vez que o ALAT predominou nas silagens em detrimento dos valores observados para o AACET, APROP e ABUT.

Os teores de ABUT dos tratamentos avaliados, além de não significativo, também não foram elevados (Tabela 4). Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), que estudaram a inclusão de bagaço de mandioca na ensilagem de capim-elefante, revelaram valores superiores aos obtidos neste trabalho. É possível que o bagaço de mandioca utilizado pelos autores não tenha sido tão eficiente em reduzir a umidade do capim-elefante como o FC neste experimento, uma vez que maiores pH e teores de N-NH<sub>3</sub> foram observados nas silagens produzidas pelos autores.

Os teores de ABUT observados não indicam que houve efetivamente uma fermentação clostrídica; no entanto, mesmo com os baixos teores, e não tendo relevância do ponto de vista de qualidade, a presença do ABUT na silagem indica que fermentações indesejáveis ocorreram.

A literatura revela certa variação entre as concentrações dos ácidos orgânicos nas silagens de capim-elefante com ou sem uso de aditivos (Ferrari Junior & Lavezzo, 2001; Andrade & Melotti, 2004; Rodrigues et al., 2005). Dentre outros fatores, esta variação pode ser atribuída ao do material utilizado, à umidade da forragem no momento da ensilagem e ao teor de CHO<sub>s</sub>.

## **Conclusões**

O emurchecimento do capim-elefante pela exposição ao sol reduziu o teor de umidade da forragem e permitiu a produção de silagem com bom valor nutritivo.

O farelo de cacau pode ser utilizado como aditivo na ensilagem de capim-elefante, aumentando o teor de matéria seca e favorecendo as características fermentativas da silagem.

Recomenda-se o nível de adição de, no máximo, 14% de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante, pois níveis mais elevados reduzem a digestibilidade *in vitro* das silagens para menos de 60%.

## Literatura Citada

- ANDRADE, J.B. Efeito da adição de rolão de milho, farelo de trigo e sacharina na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.), Botucatu, SP: UNESP, 1995. 190p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 1995.
- ANDRADE, S.J.T.; MELOTTI, L. Efeito de alguns tratamentos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.41, n.6, p.409-415, 2004.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- BOIN, C. **Elephant (Napier) grass silage production, effect of addotion on chemical composition, nutritive value and animal performances**. Ithaca, Cornell University, 1975. 215p. Tese (Doutorado Nutrição Animal) - Cornell University, 1975.
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed., Arlington: AOAC International, v.1. 1995.
- DUNNETT, C.W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with control. **Journal American State Association**, v.50, n.272, p.1096-1121, 1955.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurhecido ou acrescido e de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.
- FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor nutritivo das silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1380-1385, 2004.
- LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O.E.N.M.; BONASSI, I.A. et al. Efeito do emurhecimento, formol, ácido fórmico e solução de “Viher” sobre a qualidade de silagens de capim-elefante, cultivares Mineiro e Vruckwona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.1, p.125-134, 1990.
- LOPES, R.S.; FONSECA, D.M.; CÓSER, A.C. et al. Avaliação de métodos para estimação da disponibilidade de forragem em pastagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.40-47, 2000.
- MACHADO FILHO, L.C.P.; MÜHLBACH, P.R.F. Efeito do emurhecimento na qualidade da silagem de capim-elefante cv. Cameroun (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), avaliadas quimicamente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.15, n.3, p.224-233, 1986.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.
- NEIVA, J.N.M.; FERREIRA, A.C.H.; VASCONCELOS, V.R. et al. Use of dehydrated sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) as additive to Napier grass (*Pennisetum*

*purpureum* Schum) ensilage. In: SILAGE MAKING IN THE TROPICS WITH PARTICULAR EMPHASIS ON SMALLHOLDERS, 161., 1999, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO, 1999. p.167-168.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001. 450p.

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.

QUEIROZ FILHO, J.L.; SILVA, D.S.; NASCIMENTO, I.S. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cultivar roxo em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.69-74, 2000.

ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, Á.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validações das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

ROCHA JÚNIOR, V.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos, determinação e estimação do valor energético dos alimentos para ruminantes.** Viçosa, MG. UFV, 2002. 252p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

RODRIGUES, P.H.M.; ANDRADE, S.J.T.; FERNANDES, T. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum) inoculada com bactérias ácido-láticas. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.809-813, 2001.

RODRIGUES, P.H.M.; BORGATTI, L.M.O.; GOMES, R.W. et al. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1138-1145, 2005.

RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.A.S. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I - pH e teores de matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.5, p.485-490, 1999.

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. **Silage additives.** In: CORN SILAGE PRODUCTION MANAGEMENT AND FEEDING. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. p.27-29.

SAS-STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS user's guide.** Cary: 1999. v.8, 295p.

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

SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Qualidade de silagens de híbrido de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo folhas/panícula.1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.14-20, 1999.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. et al. Farelo de cacau (*Theobroma cocoa* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de cabras em lactação: consumo e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1790-1798, 2005.

SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo da silagem de

- capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.
- TOSI, H.; RODRIGUES, R.L.A.; JOBIM, C.C. et al. Ensilagem do capim-elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.6, p.909-916, 1995.
- TOSI, P.; MATTOS, W.R.S.; TOSI, H. et al. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Taiwan A-148, ensilado com diferentes técnicas de redução de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.947-954, 1999.
- VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, P.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos em condições tropicais. In: VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: VALOR ALIMENTÍCIO DE FORRAGENS, 2003, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal: Volumosos na Produção de Ruminantes: Valor Alimentício de Forragens, 2003. p.71-86.
- 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.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Coronel Pacheco, **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 1990. p.89-131.
- VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.73-111.
- WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.S. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v.39, p.95-110, 1992.

## **Fracionamento de Carboidratos e Proteínas de Silagem de Capim-Elefante Emurchecido ou com Farelo de Cacau**

RESUMO: O experimento foi conduzido para determinar as frações que compõem os carboidratos e as proteínas da silagem de capim-elefante submetido ao emurchecimento ou à adição de diferentes níveis de farelo de cacau. O capim-elefante utilizado foi colhido aos 50 dias de rebrota após o corte de uniformização e submetido aos seguintes tratamentos: capim-elefante emurchecido ao sol por oito horas, e capim-elefante sem emurchecimento com níveis de 0, 7, 14, 21 e 28% de farelo de cacau (FC) (% da matéria natural). O material foi acondicionado em silos de PVC com capacidade para 5,3 litros, que foram abertos após 45 dias. O tratamento emurchecido apresentou teor de carboidratos totais (CHO) semelhante ao dos tratamentos com 14 e 21% de FC. A análise de regressão detectou redução linear desta fração para as silagens com FC. As frações dos CHO das silagens foram influenciadas pelas adições de FC, constatando-se maiores teores de A+B1 e FDNi e menores de B2 com a inclusão dos níveis de FC. Para todas as frações de carboidratos e de proteínas estimadas, o tratamento emurchecido apresentou valores semelhantes ( $P>0,05$ ) ao do tratamento sem emurchecimento. As frações protéicas foram influenciadas pelas adições de FC, verificando-se redução dos teores das frações A e B1+B2 e aumentos das frações B3 e C, para os níveis crescentes de FC.

Palavras-chave: conservação de forragens, forrageira, *Pennisetum purpureum*, subproduto, *Theobroma cacao* L

## **Carbohydrate and Protein Fractioning of Silage of Elephantgrass Wilted or with Cocoa Meal**

ABSTRACT: The experiment was conducted to determine the fractions that compose the carbohydrates and protein of silage on the submitted elephantgrass forage to wilting under the sun light for eight hours. Other treatments involved the same elephantgrass without exposing to sun light but with addition of 0, 7, 14, 21, and 28% of cocoa meal (CM) at the ensilage processing. The PVC silos used in the experiment were 5.3 liters in capacity, and were opened in 45 days. The wilted treatment showed CHO content similar to treatments with 14 and 21% CM. The regression analysis detected linear reduction of this fraction to the addition of CM. The silages CHO fractions altered by CM additions, showing high content of A+B1, and NDFi, and low content of B2 with the CM addition. To all carbohydrate and protein estimated fractions, the wilted treatment showed similar values ( $P>.05$ ) to the treatment without wilting. The addition of CM influenced the protein fractions, verifying reduction in contents of A and B1+B2 fractions and increase in B3 and C fractions.

Key words: forage conservation, roughage, *Pennisetum purpureum*, by-product, *Theobroma cacao* L

## Introdução

A baixa produção bovina nos trópicos pode ser atribuída, principalmente, à nutrição inadequada resultante da sazonalidade, característica da produção forrageira nestas condições. Em um programa de produção contínua de carne, torna-se essencial eliminar as fases negativas de desenvolvimento, proporcionando condições ao animal de desenvolver-se normalmente, durante todo o ano, a fim de que alcancem condições de abate, peso e, ou, terminação mais precocemente (Euclides et al., 1998). Para isto, faz-se necessário manter o suprimento de alimento em equilíbrio com os requisitos dos animais, através da suplementação volumosa, com destaque para os alimentos conservados, fenos e silagens.

Os requisitos nutricionais dos ruminantes, nos trópicos, são atendidos pela ingestão dos nutrientes contidos nas diversas partes das gramíneas tropicais, que são armazenados por intermédio da fixação da energia luminosa, durante a fotossíntese (Cabral et al., 2004). Entre as forrageiras com potencial para produção de alimentos conservados, o capim-elefante, tradicionalmente utilizado para corte em capineiras, tem se destacado como forrageira para ensilagem. Seu uso é indicado principalmente em razão de suas características de elevada produção de matéria seca e de seu valor nutritivo (Andrade & Lavezzo, 1998).

Entretanto, no momento em que o capim-elefante exhibe melhor valor nutritivo, o teor de umidade normalmente está elevado, o que se contrapõe aos parâmetros recomendados e referenciados para produção de silagem de boa qualidade. A ensilagem de gramíneas com elevado teor de umidade favorece as perdas durante as diferentes fases do processo (Bernardino et al., 2005) e propicia o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, favorecidas pela alta atividade de água, devido ao excesso de umidade da forragem. O desenvolvimento dessas bactérias produz fermentações secundárias indesejáveis, havendo a formação de ácido butírico, o que caracteriza silagens de baixa qualidade, com degradação de proteína e de ácido láctico (McDonald, 1981).

Para tentar solucionar os problemas de perdas e da baixa qualidade do produto final, silagem, pesquisadores (Ferrari Júnior & Lavezzo, 2001, Bernardino et al., 2005) têm despendido esforços no sentido de encontrar meios alternativos que possibilitem a colheita do capim-elefante no seu estágio de melhor valor nutritivo, o que coincide com o elevado teor de umidade, para produção de silagem de boa qualidade.

O farelo de cacau, subproduto do beneficiamento da amêndoa do cacau para a produção de manteiga de cacau e chocolate, pelas indústrias, tem sido empregado com sucesso na alimentação de ruminantes, como substituto dos alimentos concentrados (milho e farelo de soja). Carvalho et al. (2006), Pires et al. (2005) e Silva et al. (2005) recomendaram, respectivamente, a adição de 12, 15 e 18% de farelo de cacau na dieta total de ovinos, bovinos e caprinos.

De acordo com Mello & Nörnberg (2004), o suprimento das necessidades nutricionais dos ruminantes depende, principalmente, do conteúdo de energia e proteína da dieta. Os nutrientes podem ser utilizados pela microbiota ruminal ou escapar da fermentação no rúmen, sendo absorvidos nos demais compartimentos do trato digestório. A fermentação ruminal e a digestão pós-ruminal dependem da concentração total de carboidratos e proteínas potencialmente digeríveis da dieta.

O Sistema de Carboidrato e Proteína Líquidos de Cornell (CNCPS) foi desenvolvido para prever requisitos, utilização de alimentos e excreção de nutrientes de bovinos leiteiros e de corte em sistemas de produção específicos. Este modelo integra o conhecimento dos requisitos do animal, que sejam influenciados pelo tipo genético, tamanho do animal, nível de produção e ambiente, com o conhecimento sobre composição dos alimentos.

Cabral et al. (2000ab) reportaram a importância de se determinar as frações de carboidratos e proteínas. Segundo estes autores, o fracionamento de forma acurada permite a formulação de dietas nutricionalmente adequadas, o que possibilita, portanto, maximizar a eficiência de utilização da energia e do nitrogênio, tanto pelos microrganismos, quanto pelo próprio animal. Além disso, permite a redução das perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal (Russell et al., 1992).

A composição química dos alimentos é descrita pelas frações de carboidratos e de proteínas de cada alimento, que são utilizadas para prever a produção de proteína microbiana, a degradação ruminal, o escape de carboidratos e de proteínas e, ainda, a energia e a proteína metabolizáveis. Dessa forma, espera-se prever com mais exatidão o desempenho dos animais a partir dos ingredientes da dieta (Russell et al., 1992).

Os valores do banco de dados de alimentos para as frações de carboidratos e de proteínas são baseados em Sniffen et al. (1992), Van Soest (1994) e NRC (2000). Um banco de dados de alimentos tropicais foi desenvolvido e publicado por Tedeschi et al. (2002). Com o desenvolvimento deste banco de dados, os autores objetivaram fornecer aos nutricionistas e produtores de regiões tropicais uma composição de alimentos

acurada e atualizada, especialmente, daqueles alimentos necessários para uso do CNCPS em regiões tropicais; identificar prioridades de pesquisa relacionadas com a composição e com a análise de alimentos tropicais; e padronizar a descrição das mesmas.

Segundo Fox et al. (1992), os sistemas atuais de adequação de dietas para ruminantes necessitam de informações sobre o alimento, no que diz respeito às suas frações de carboidratos e proteínas, para que se possa estimar com maior exatidão o desempenho dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes.

Assim, a caracterização das frações que constituem os carboidratos e proteínas dos alimentos obtidos nas condições tropicais, será instrumento valioso para formulação de rações que visem a maximização do crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, a melhor predição do desempenho dos animais.

Dessa forma, objetivou-se, com este experimento, determinar as frações que compõem os carboidratos e as proteínas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier) submetido ao emurchecimento ou à adição de diferentes níveis de farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.).

### **Material e Métodos**

Foi utilizado o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), proveniente de uma capineira estabelecida em um solo classificado como do tipo chernossolo argilúvio, ótico, típico, estruturado hipereutrófico, com textura argilosa, fase floresta subcaducifólia e relevo ondulado (EMBRAPA, 1999), pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, BA.

O capim foi submetido a um corte de uniformização, a uma altura média de 10 cm do solo e, após 50 dias de rebrota, o capim foi colhido manualmente, sendo picado em fragmentos médios de 2 cm em ensiladeira estacionária e submetido aos seguintes tratamentos para ensilagem:

- A – capim-elefante emurchecido ao sol por 8 horas;
- B – capim-elefante sem emurchecimento;
- C – capim-elefante (93%) mais farelo de cacau (7%);
- D – capim-elefante (86%) mais farelo de cacau (14%);
- E – capim-elefante (79%) mais farelo de cacau (21%);
- F – capim-elefante (72%) mais farelo de cacau (28%).

No processo de emurchecimento, o capim foi colhido e espalhado no campo e, após oito horas de exposição ao sol, picado e ensilado. Na incorporação do farelo de cacau (FC) ao capim-elefante sem emurchecimento, o mesmo foi imediatamente adicionado logo após o corte do capim e de seu fracionamento em partículas na ensiladeira, sendo a proporção adicionada em relação à massa verde (peso/peso) da gramínea. A composição químico-bromatológica do capim-elefante emurchecido, sem emurchecimento e do FC pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos solúveis (CHOs), pH e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de cacau

Item	Capim-elefante		
	Não emurchecido	Emurchecido	Farelo de cacau
MS	20,3	27,8	89,8
MO <sup>1</sup>	90,4	90,2	92,6
PB <sup>1</sup>	8,6	8,5	13,5
EE <sup>1</sup>	1,7	1,8	9,9
FDN <sup>1</sup>	71,1	68,6	48,5
FDN <sub>CP</sub> <sup>1</sup>	67,5	65,2	43,6
FDA <sup>1</sup>	43,6	41,3	40,0
Cinzas <sup>1</sup>	9,6	9,8	7,4
Lignina <sup>1</sup>	3,3	3,3	17,9
Celulose <sup>1</sup>	40,3	37,9	23,1
Hemicelulose <sup>1</sup>	27,4	27,3	8,5
NIDN <sup>1</sup>	0,21	0,23	1,1
NIDA <sup>1</sup>	0,15	0,16	1,0
NIDN <sup>2</sup>	15,2	16,9	50,5
NIDA <sup>2</sup>	10,8	11,8	47,7
CHO <sup>1</sup>	80,1	79,9	69,2
CNF <sup>1</sup>	12,6	14,4	25,7
CHOs <sup>1</sup>	10,9	10,2	12,2
pH	5,6	5,6	-
DIVMS <sup>1</sup>	63,5	64,2	47,0

<sup>1</sup> % da MS; <sup>2</sup> % do NT.

Adotando-se uma compactação de 500 kg/m<sup>3</sup>, o material foi ensilado em silos experimentais de PVC, cilíndricos, com 0,15 m de diâmetro e 0,3 m de comprimento, com capacidade para 5,3 litros, que foram vedados com lona plástica, nas duas

extremidades, com auxílio de arame liso galvanizado e fita plástica, sendo armazenados em galpão coberto, durante 45 dias.

Após este período, os silos foram abertos, procedendo-se então a coleta de amostras, as quais foram congeladas para posteriores análises. Essas amostras foram devidamente acondicionadas, 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 foram descongeladas à temperatura ambiente, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de pré-secagem, por 72 horas à temperatura de 65°C. Em seguida, foram moídas em moinho tipo Wiley, em peneira com malha de 1 mm.

Os teores de proteína bruta e de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram determinados conforme Silva & Queiroz (2002). A fração B3 da proteína foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA, ao passo que a proteína verdadeira solúvel em detergente neutro (frações B1+B2), pela diferença entre o N insolúvel em TCA, determinado conforme Pereira & Rossi (1994) e o NIDN.

A porcentagem de carboidratos totais (CHO) foi obtida pela equação (Sniffen et al., 1992):  $CHO = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas)$ . Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN corrigida para seu conteúdo de cinzas e proteínas ( $FDN_{CP}$ ); os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, pela diferença entre os CHO e a  $FDN_{CP}$  (Hall, 2003); e a fração C, pela FDN indigestível após 144 horas de incubação *in situ* (Cabral et al., 2004). A fração B2, ou seja, a fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a  $FDN_{CP}$  e a fração C.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. O efeito dos níveis de FC foram interpretados por meio de análise de variância e regressão e, a comparação entre os níveis de FC e o emurhecimento, foi realizada conforme Dunnett (1955) a 5% de probabilidade, utilizando o Statistical Analyses System (SAS, 1999).

## Resultados e Discussão

Os teores de carboidratos totais (CHO) variaram em função dos tratamentos (Tabela 2). As silagens produzidas com capim-elefante com 0 e 7% de FC apresentaram teor de CHO superior ( $P < 0,05$ ) ao da silagem de capim-elefante emurhecido. Por outro lado, os demais tratamentos com adição de FC (14, 21 e 28%) apresentaram valores de CHO similares ( $P > 0,05$ ) ao do tratamento emurhecido.

Tabela 2 - Teores médios de carboidratos totais (CHO), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (FDNi), fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C), das silagens de capim-elefante emurhecido (EMUR) e não emurhecido com farelo de cacau

Item	Farelo de cacau (% na MN)					CV (%)	
	EMUR	0	7	14	21		28
CHO (% MS)	76,8	81,8*	79,6*	77,8	76,9	75,4	1,2
PB (% MS)	8,4	5,4*	7,5	9,1	10,0	10,9*	8,4
	Frações de carboidratos (% CHO)						
A+B1	12,3	10,7	16,8*	21,6*	25,0*	26,2*	10,8
B2	55,1	58,6	49,6*	43,9*	39,9*	37,0*	4,1
FDNi	32,6	30,7	33,6	34,5	35,1	36,8*	4,7
	Frações protéicas (% PB)						
A	50,7	47,6	33,4*	33,0*	29,4*	25,8*	4,6
B1+B2	33,7	29,6	28,3	24,7*	23,9*	22,2*	13,5
B3	5,0	7,5	5,5	13,6*	15,7*	20,3*	17,1
C	10,6	15,3	32,8*	28,7*	31,0*	31,7*	12,4

\* As médias seguidas por asterisco diferem da testemunha ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

CV = Coeficiente de variação.

A análise de regressão mostrou que os níveis de FC na ensilagem provocaram redução linear no teor de CHO, estimando-se redução de 0,22 percentuais para cada unidade de FC adicionada, segundo a equação  $\hat{Y} = 81,3980 - 0,22168^{**} FC$  (Figura 1).

Como o FC apresentou teores de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), respectivamente, 36 e 83% superiores ao capim-elefante (Tabela 1), possivelmente, a redução observada no teor de CHO das silagens com FC, tenha ocorrido em função do elevado teor destas frações, pois, na estimativa do teor de CHO, segundo Sniffen et al.

(1992), quanto maiores os teores de PB e EE, menor será o teor de CHO.

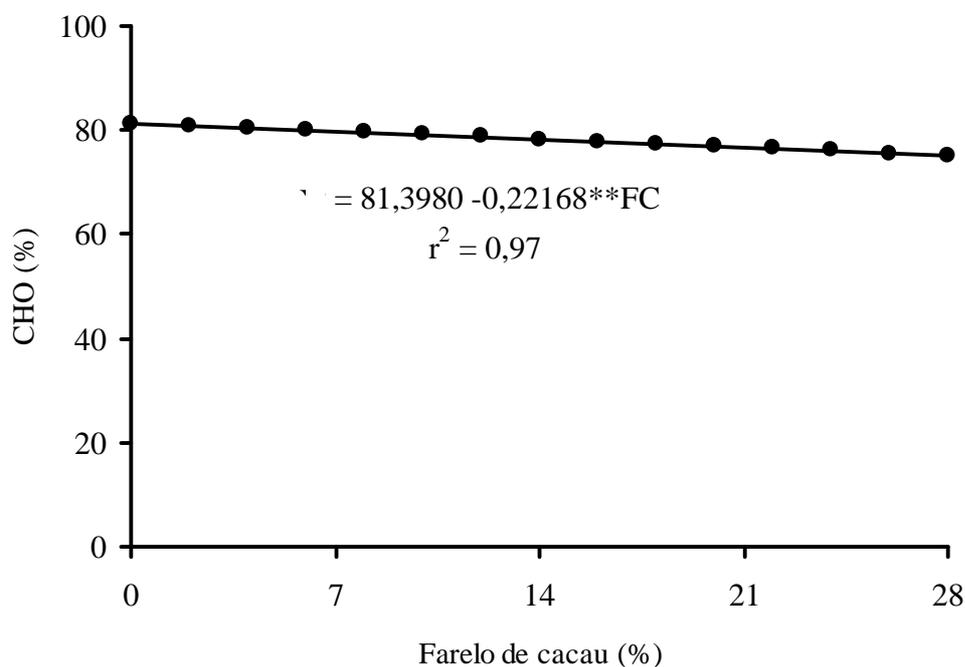


Figura 1 - Estimativa dos teores de carboidratos totais (CHO) das silagens em função de diferentes níveis de farelo de cacau (FC)  
\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As frações de carboidratos, A+B1, B2 e C (FDNi) das silagens, e suas respectivas equações de regressão, são apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

A fração A+B1 dos carboidratos não variou entre as silagens de capim-elefante emurchecido e sem emurchecimento com 0% de adição de FC, pois estas silagens apresentaram teor similar ( $P > 0,05$ ) de A+B1. Isto pode estar associado ao teor de  $FDN_{CP}$  semelhante entre esses tratamentos (Tabela 1). Contudo, os valores observados para as silagens de capim-elefante com 7, 14, 21 e 28% de FC foram superiores ( $P < 0,05$ ) ao do tratamento emurchecido. As maiores frações solúveis em detergente neutro (A+B1) observadas para as silagens com FC ocorreram em função do menor teor de  $FDN_{CP}$  observado para o FC em relação ao capim-elefante.

A adição de níveis crescentes de FC ao capim-elefante, promoveu acréscimo linear na fração A+B1 (Tabela 3). Os acréscimos estimados foram de 6,0; 10,9; 14,2 e 15,5 unidades percentuais, respectivamente, para os tratamentos com níveis de 7, 14, 21 e 28% de FC em relação ao 0%. Esse acréscimo, provavelmente ocorreu, em função dos maiores de teores de carboidratos não fibrosos no FC.

Tabela 3 - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação obtidos para os teores de carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (FDNi), fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C), em função dos níveis de farelo de cacau no capim-elefante não emurchecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r <sup>2</sup>
Frações de carboidratos (% CHO)			
A+B1	$\hat{Y} = 12,24150 + 0,55704^{**} FC$	11,1	0,94
B2	$\hat{Y} = 56,40250 - 0,75586^{**} FC$	4,0	0,95
FDNi	$\hat{Y} = 31,35650 + 0,19875^{**} FC$	8,6	0,93
Frações protéicas (% PB)			
A	$\hat{Y} = 43,37150 - 0,68186^{**} FC$	5,2	0,83
B1+B2	$\hat{Y} = 29,55450 - 0,27150^{**} FC$	15,2	0,96
B3	$\hat{Y} = 5,38350 + 0,51086^{**} FC$	16,5	0,87
C	$\hat{Y} = 17,79321 + 1,55651^{**} FC - 0,03979^{**} FC^2$	12,1	0,72

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Os valores de A+B1 (em % dos CHO) obtidos para as silagens de capim-elefante nos tratamentos sem adição de FC foram próximos da faixa determinada por Malafaia et al. (1998) para gramíneas (máximo de 11,62%). Contudo, para as silagens com FC, foi estimado que, a partir do nível de adição de 14%, o teor da fração A+B1 (% CHO) é superior a 20%, valor este próximo ao encontrado por Malafaia et al. (1998) para silagem de milho, indicando assim, que a utilização de FC na ensilagem do capim-elefante foi responsável pelo aumento da fração A+B1.

Ribeiro et al. (2001) fracionaram os carboidratos do feno de capim-tifton 85, de plantas colhidas aos 28, 35, 42 e 56 dias de rebrota, e observaram para a fração A+B1 (% CHO), respectivamente, valores de 7,8; 5,5; 5,3 e 4,6%. Os valores obtidos pelos autores foram baixos comparados aos encontrados neste experimento. Embora não mensurado, é possível que o capim-elefante, no momento em que foi colhido para ser ensilado, tenha apresentado maior teor de açúcares, ácidos orgânicos, amido e compostos fibrosos solúveis do que o capim-tifton estudado pelos autores.

Estudando o fracionamento de carboidratos em amostras de extrusa de animais mantidos em pastagem da Zona da Mata (MG), Vieira et al. (2000) observaram que a fração A+B1 correspondeu a 15% dos carboidratos totais, na época chuvosa, e 12,5%

durante a estação seca. Os valores de A+B1 obtidos pelos autores foram próximos aos valores encontrados neste estudo para a silagem de capim-elefante não emurchecido com 0% de FC e silagem de capim emurchecido.

Alimentos com elevada fração A+B1 são considerados boas fontes de energia para o crescimento de microrganismos que utilizam carboidratos não fibrosos. 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).

Para a fração B2 (% CHO), ou seja, carboidratos fibrosos potencialmente digestíveis, observou-se que apenas a silagem sem FC foi similar ( $P>0,05$ ) ao tratamento emurchecido. Os tratamentos com adição de 7, 14, 21 e 28% de FC produziram silagens com teor de fração B2 significativamente inferior ( $P<0,05$ ) ao da silagem produzida com capim-elefante emurchecido. No estudo de regressão, detectou-se decréscimo linear nos valores de B2 em função dos níveis de FC (Tabela 3).

Como relatado anteriormente, observou-se redução linear da fração B2 em função dos níveis de FC na ensilagem. Deste modo, tudo indica que o menor teor de FDN do FC em relação ao capim-elefante utilizado neste experimento (Tabela 1) tenha sido o responsável por tal redução.

Balsalobre et al. (2003) avaliaram o capim-tanzânia irrigado no verão, outono e primavera e relataram valor de B2, respectivamente, de 70,4; 67,5 e 65,1%. Os valores relatados por estes autores são superiores aos observados neste estudo. Contudo, Malafaia et al. (1998) destacou que o valor da fração B2 dos alimentos está intimamente ligado ao teor de FDN, pois dentre vários alimentos estudados pelos autores, ficou evidenciado que as gramíneas foram os volumosos que apresentaram os maiores valores da fração B2 e, em decorrência de seus mais altos valores de FDN. Os maiores valores da fração B2 em relação às frações A+B1 e C (FDNi), tanto para as silagens sem FC como para as com FC, estão de acordo com os valores relatados por Malafaia & Vieira (1997) para os capins tifton 85, elefante, braquiarião e braquiária, e silagem de milho e feno de *cost-cross*.

Os valores da fração B2 (% CHO) observados neste experimento para as silagens de capim-elefante sem FC, respectivamente, 55,1 e 58,6% para as silagens de capim emurchecido e não emurchecido, corroboram com o valor da fração B2 (% CHO), de 51,7%, relatada por Cabral et al. (2004) para a silagem de capim-elefante. Isto se deve ao fato do capim-elefante utilizado neste trabalho ter apresentado características

químicas (Tabela 1) semelhantes às do capim utilizado pelos autores, principalmente no que concerne aos teores de MS, CHO e FDN.

Por outro lado, valores superiores aos obtidos neste experimento foram encontrados por Cabral et al. (2000), que fracionaram os carboidratos do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, cv. *Cameroon*) cortado aos 42 e 63 dias e observaram valores de B2 (% CHO), respectivamente, de 69,3 e 68,5%. No presente trabalho, observou-se menores valores de B2 em relação aos encontrados pelos autores. Isto se deve ao menor teor de FDN do capim-elefante utilizado neste experimento, uma vez que, na fração B2, está contida a porção digestível da parede celular (Sniffen et al., 1992). Embora a porção contida na fração B2 seja digestível, Russell et al. (1992) evidenciaram que alimentos com elevado teor desta fração demandam nitrogênio não protéico para atender os requisitos de nitrogênio dos microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais.

A fração B2, principal componente observado na silagem de capim-elefante, independentemente da adição de FC, por apresentar lenta taxa de degradação, juntamente com a fração C (indigestível), normalmente, afeta o consumo animal pelo fator enchimento, reduzindo, por conseguinte, o desempenho dos animais (Mertens, 1987).

No tocante à fração C dos carboidratos, representada pela FDN<sub>i</sub>, nas Tabelas 2 e 3, não se observou diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos com FC e o tratamento emurhecido; entretanto, o estudo de regressão mostrou efeito ( $P < 0,01$ ) para a FDN<sub>i</sub> em função dos níveis de FC adicionados ao capim-elefante.

Como a FDN<sub>i</sub> compreende a porção da parede celular vegetal que não é digerida ao longo de sua permanência no trato gastrintestinal (Sniffen et al., 1992), tudo indica que o acréscimo desta fração em função dos níveis de FC tenha ocorrido pelo elevado teor de lignina presente no FC (17,9%) (Tabela 1), uma vez que, a lignina se constitui em um polímero fenólico associado aos carboidratos estruturais, celulose e hemicelulose (Norton, 1982), e é o componente que, reconhecidamente, mais limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular no rúmen (Jung & Deetz, 1993).

Os teores de FDN<sub>i</sub> obtido para as silagens de capim-elefante emurhecido e não emurhecido, respectivamente, 32,6 e 30,7%, estão de acordo com os 33,6% observados para a silagem de capim-elefante avaliada por Cabral et al. (2004). Deste modo, fica claro que os maiores valores da FDN<sub>i</sub> observados para os tratamentos com FC ocorreram em função da adição de FC na ensilagem.

A caracterização das frações que constituem os carboidratos dos alimentos obtidos em condições tropicais, é instrumento valioso para formulação de rações que visem a maximização do crescimento microbiano ruminal e, conseqüentemente, a melhor predição do desempenho dos animais. Embora tenha ocorrido aumento nos valores da fração C, a fração B2 foi a principal fração das silagens com FC, configurando o FC como uma alternativa de fonte de carboidratos potencialmente digeríveis.

Para o teor de PB das silagens, os tratamentos com 7, 14 e 21% de adição de FC foram similares ao tratamento emurchecido. Já os tratamentos 0 e 28% de adição de FC no capim-elefante, produziram silagens com teores de PB, respectivamente, inferior e superior ( $P < 0,05$ ) ao tratamento emurchecido (Tabela 2). A adição dos níveis de FC na ensilagem de capim-elefante provocou acréscimo linear nos teores de PB das silagens. Estimado pela equação de regressão (Figura 2), observa-se que, para cada unidade de FC adicionada, houve um acréscimo de 0,19% no teor de PB das silagens. O aumento observado nos teores de PB, em função dos níveis de FC, deve-se ao maior teor de PB do FC em relação ao capim-elefante.

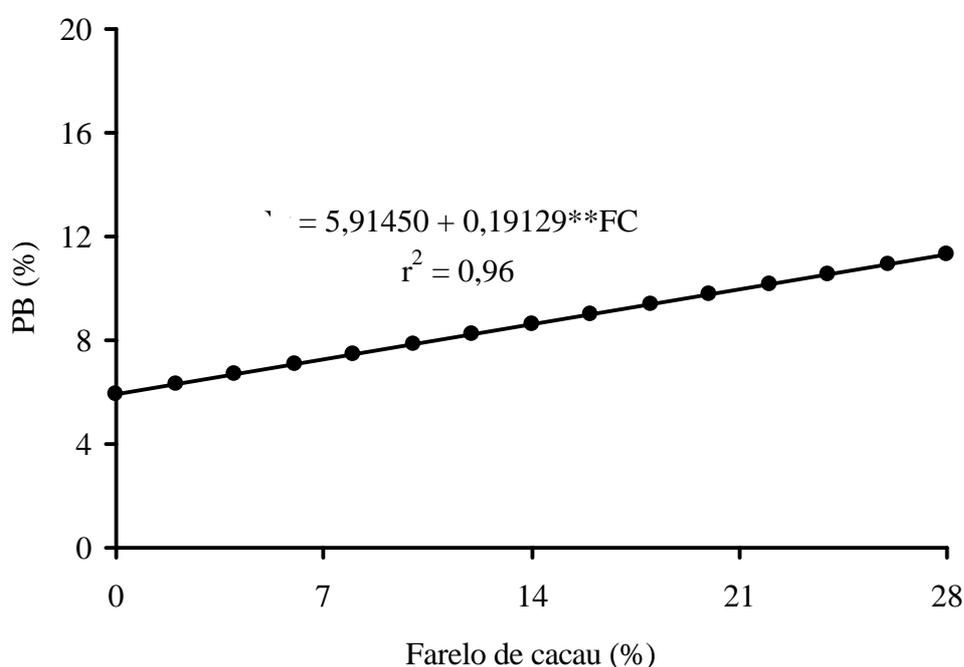


Figura 2 - Estimativa dos teores de proteína bruta (PB) das silagens em função de diferentes níveis de farelo de cacau (FC)  
\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Souza et al. (2003) estudaram a adição de níveis crescentes de casca de café (0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8%) na ensilagem de capim-elefante e, assim como no presente

experimento, observaram aumento nos teores de PB das silagens. Os autores verificaram comportamento quadrático, com valor máximo de 9,8% no teor de PB das silagens com 17,4% de casca de café. Esse valor máximo estimado de PB encontrado pelos autores pode ser obtido com a adição de 20,3% de FC na ensilagem. Embora sejam semelhantes os níveis de casca de café e de FC para se obter o mesmo teor de PB, o comportamento observado para a casca de café divergiu do observado para o FC, pois, a partir do nível de casca de 17,4%, o teor de PB tende a decrescer, enquanto para o FC os teores continuam aumentando. Essa diferença no comportamento do teor de PB, observada entre os experimentos, pode ser explicada pelo menor teor de PB da casca de café em relação ao capim-elefante utilizado pelos autores. O maior teor de PB do FC em relação ao capim-elefante utilizado neste trabalho pode ser uma possível explicação para o comportamento linear crescente observado, pois, como o FC foi adicionado em níveis crescentes, acredita-se que tenha ocorrido efeito de adição. Além disso, a PB do FC foi 31% maior do que a PB da casca de café utilizada pelos autores.

O fato de que o teor de PB do subproduto a ser utilizado na ensilagem de capim-elefante interfere no teor de PB da silagem, foi evidenciado por Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), que ao avaliarem níveis crescentes de bagaço de mandioca na ensilagem de capim-elefante, observaram redução linear nos teores de PB das silagens. O teor de PB do bagaço utilizado pelos autores foi de 2%, sendo o responsável por tal redução, já que a inclusão do subproduto implica em menores proporções de capim-elefante na silagem.

Em relação às frações protéicas (% PB) das silagens (Tabelas 2 e 3), o teor de nitrogênio não protéico (NNP) ou fração A obtido para as silagens de capim-elefante emurhecido e não emurhecido foram de, 50,7 e 47,6%, respectivamente, e estatisticamente similares ( $P>0,05$ ). Já as silagens produzidas com adição de FC ao capim-elefante, apresentaram valores de fração A inferiores ( $P<0,05$ ) ao do tratamento emurhecido. O teor NNP decresceu linearmente em função dos níveis de FC, estimando-se redução de 0,68% unidades percentuais para cada unidade de FC adicionada.

Com a fermentação da massa ensilada boa parte da proteína é convertida em NNP em decorrência da proteólise. Contudo, os valores encontrados situam-se próximos das faixas normalmente registrada por outros autores em estudos com silagens de gramíneas.

Cabral et al. (2004) observaram valor de NNP na silagem de capim-elefante de

56,9%, o que é 6,24 e 9,29 unidades percentuais superior aos valores obtidos para as silagens de capim-elefante emurhecido e não emurhecido no presente trabalho.

Segundo Valadares Filho (2000), em relação à avaliação protéica dos alimentos para ruminantes, nem todo fracionamento protéico feito pelo CNCPS deveria ser adotado no Brasil. Apenas devem ser obrigatórias, além da análise de PB, pelo menos a determinação da fração dos compostos nitrogenados não protéicos, das frações insolúveis em detergente ácido (NIDA) e em detergente neutro (NIDN), isto é, as frações A e C e, por diferença (NIDN – NIDA), a fração B3, respectivamente, não havendo, portanto, necessidade de separar a proteína solúvel (B1) da insolúvel (B2). Porém, dependendo da finalidade da pesquisa, o fracionamento conforme descrito pelo CNCPS torna-se necessário, principalmente quando se pretende calcular o escape ruminal de proteína oriundo de cada uma dessas frações.

As frações B1 e B2 no presente estudo foram consideradas como fração única (B1+B2). As silagens produzidas com capim-elefante não emurhecido com 0 e 7% de FC apresentaram valores de B1+B2 e B3 similares ( $P>0,05$ ), enquanto os demais tratamentos com adição de FC (14, 21 e 28%) foram diferentes ( $P<0,05$ ).

A inclusão de FC na ensilagem de capim-elefante provocou redução e aumento linear ( $P<0,01$ ), respectivamente, nas frações B1+B2 e B3 (Tabela 3).

Os valores de B1+B2 obtidos para a silagem emurhecida (33,7%) e não emurhecida sem FC (29,6%) foram superiores aos 22,4% encontrados por Cabral et al. (2004) para a silagem de capim-elefante. Por outro lado, valores semelhantes aos obtidos neste trabalho para a fração B1+B2 (% PB) foram relatados por Ribeiro et al. (2001), para fenos de capim-tifton 85 produzido aos 28, 35, 42 e 56 dias de rebrota, cujos valores foram 33,9; 35,03; 33,1 e 31,5%, respectivamente.

A fração B3 (% PB) foi relativamente baixa para as silagens de capim-elefante emurhecido (5,0%) e não emurhecido (7,5%). Como a fração B3 é representada pelas proteínas de ligação da parede celular que apresentam lenta taxa de degradação, sendo digeridas principalmente nos intestinos (Cabral et al., 2004), tudo leva a crer que a adição de FC na ensilagem de capim-elefante aumenta a proteína não degradada no rúmen, uma vez que maiores valores de B3 e redução acentuada na fração A foram observadas nas silagens com FC.

A fração C, que corresponde às proteínas associadas à lignina, complexos tanino-proteína e produtos oriundos da reação de Maillard, é altamente resistente às enzimas microbianas e indigestível ao longo do trato gastrointestinal (Licitra et al., 1996). Para a

fração C, o único tratamento que se assemelhou estatisticamente ao emurchecido foi o não emurchecido sem FC. As demais silagens com FC foram superiores ( $P < 0,05$ ) à silagem de capim emurchecido.

O estudo de regressão mostrou comportamento quadrático ( $P < 0,01$ ) para a fração C em função dos níveis de FC, estimando-se valor máximo de 33,0% para o nível de 19,6% de FC.

Ao se considerar os valores observados em cada tratamento (Tabela 2), fica evidente os acréscimos nos valores de C das silagens com FC em relação à silagem emurchecida. Segundo Van Soest (1994), o aumento da fração C de silagens pode ocorrer devido à formação de produtos da reação de Maillard, em razão do aumento da temperatura em silagens com elevado teor de umidade. É possível que o aumento da fração C das silagens com FC, esteja associado ao processo de torrefação da amêndoa do cacau na indústria do chocolate. Acredita-se que nesta fase possa ter ocorrido reação de Maillard, haja vista os altos valores de NIDA neste subproduto em relação ao capim-elefante, resultando assim, em aumento da fração C naquelas silagens contendo FC.

Como a proporção dessas frações de protéicas é responsável pelo maior ou menor escape de nitrogênio ruminal e pelo atendimento dos requisitos de nitrogênio dos microrganismos ruminais, fica implícito que alimentos com teores de PB similares, mas com diferenças nestas frações, resultarão em predições incorretas sobre o desempenho animal se, na formulação das rações, não for considerada a dinâmica destas frações no rúmen e nos intestinos (Malafaia, 1997). A utilização de FC na ensilagem de capim-elefante, embora tenha resultado em acréscimo na fração C, promoveu nas silagens, de uma maneira geral, valores satisfatórios de frações B1+B2 e B3, que, em um sistema de alimentação, devem ser consideradas na formulação de rações, constituindo-se, portanto, em uma alternativa para ruminantes.

## **Conclusões**

A fração A+B1 representa menos de 15% dos carboidratos da silagem de capim-elefante, contudo, valores acima de 20% podem ser obtidos com adição de 14% de farelo de cacau na ensilagem.

A utilização do farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante aumentou a porção de carboidratos indigestíveis das silagens, entretanto, a fração B2 apresentou-se como importante fonte de energia.

A adição de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante acarreta redução dos teores de NNP e fração B1+B2, e acréscimo das frações B3 e C, indicando que, em um sistema de alimentação de ruminantes, é necessário o fornecimento de uma fonte extra de nitrogênio solúvel.

De acordo com os valores das frações protéicas B1+B2, B3 e C das silagens de capim-elefante com farelo de cacau, pode-se inferir que estas silagens constituem-se fontes alternativas de proteína de lenta degradação no rúmen, mas potencialmente digerível no intestino delgado.

## Literatura Citada

- ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1859-1872, 1998.
- BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M. et al. Cinética da degradação ruminal do capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduos pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1747-1762, 2003 (Suplemento 1).
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A. et al. Frações de carboidratos de volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2087-2098, 2000a (Suplemento 1).
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A. et al. Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2316-2324, 2000b (Suplemento 2).
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. et al. Desempenho e digestibilidade de ovinos alimentados com farelo de cacau (*Theobroma cacao*). **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.2, p.1-15, 2006.
- DUNNETT, C.W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with control. **Journal American State Association**, v.50, n.272, p.1096-1121, 1955.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- EUCLIDES, V.P.B., EUCLIDES FILHO, K., ARRUDA, Z.J. et al. Desempenho de novilhos em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.246-254, 1998.
- FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurhecido ou acrescido e 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.
- 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: **Forage cell wall structure and digestibility**. ed. JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATIFIELD, R.D. et al. Madison: America Society of Agronomy, Crop Sci. Society of America, Soil Sci. Society of America, 1993. p.315-46.

- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MALAFAIA, P.A.M.; VIEIRA, R.A.M. Técnicas de determinação e avaliação dos compostos nitrogenados em alimentos para ruminantes. In: TEIXEIRA, J.C. **Simpósio internacional de digestibilidade em ruminantes**. Lavras: UFLA – FAEPE, 1997. p.29-54.
- MALAFAIA, P.A.M. **Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas *in situ*, *in vitro* e de produção de gases**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- 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.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Nova York: John Wiley & Sons, 1981. 226p.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1537-1542, 2004.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.
- 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 Beef Cattle**. 7. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 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.
- PIRES, A.J.V.; VIEIRA, V.F.; SILVA, F.F. et al. Níveis de farelo de cacau (*Theobroma cacao*) na alimentação de bovinos. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.6, n.2, p.1-10, 2005.
- RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos e respectivas taxas de digestão, do feno de Capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.589-595, 2001.
- RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, n.12, v.70, p.3551-3581, 1992.
- SAS-STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: 1999. v.8, 295p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. et al. Farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de cabras em lactação:

consumo e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1790-1798, 2005.

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

SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N. et al. Development and evaluation of a tropical feed library for the Cornell Net Carbohydrate and Protein System model. **Scientia Agrícola.**, v. 59, n.1, p. 1-18, 2002.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: NASCIMENTO JUNIOR, D.; LOPES, P.S.; PEREIRA, J.C. **Anais dos simpósios da XXXVII reunião anual da SBZ**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267-338.

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

VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Fracionamento dos carboidratos e cinética de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro da extrusa de bovinos a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.889-897, 2000.

## **Degradação Ruminal de Silagem de Capim-Elefante Emurchecido ou com Farelo de Cacao**

RESUMO: O experimento foi conduzido para avaliar a degradação ruminal da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) da silagem de capim-elefante submetido ao emurchecimento ou à adição de diferentes níveis de farelo de cacao, 0, 7, 14, 21 e 28% durante a ensilagem. Amostras de cada silagem foram incubadas no rúmen de três vacas holandesas por períodos de 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas. Para a MS, a inclusão do FC reduziu o potencial de degradação, sendo os maiores valores observados nos tratamentos emurchecido e não emurchecido. Por outro lado, a degradabilidade potencial da PB e da FDN apresentaram pequenas variações, com os valores médios situando-se próximos de 80 e 46%, respectivamente. Considerando a taxa de passagem de 5%/h, todos os tratamentos apresentaram elevada degradabilidade efetiva da PB (acima de 55%). Embora as estimativas da degradação ruminal das silagens com FC tenham apresentado tendência de redução, todas as silagens apresentaram degradabilidade potencial da MS e da PB acima de 65 e 75%, respectivamente. A adição de FC ao capim-elefante pode ser considerada uma alternativa que oferece rápida e abundante disponibilidade de nutrientes para o sistema ruminal.

Palavras-chave: degradação *in situ*, forrageira, incubação ruminal, *Pennisetum purpureum*, subproduto, *Theobroma cacao* L.

## **Rumen Degradation of Silage of Elephantgrass Wilted or with Cocoa Meal**

**ABSTRACT:** The experiment was conducted to evaluate dry matter (DM), crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) rumen degradation of the silages on the submitted elephantgrass forage to wilted under sun light for eight hours and without exposing to sun light but with addition of 0, 7, 14, 21, and 28% of cocoa meal (CM) at the ensilage processing. Samples of each silage were incubated in the rumen of three Holstein cows for 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 and 144 hours periods. To DM, the CM inclusion reduced the degradation potential, which showed greater values to wilted and no wilted treatments. The CP and NDF potential degradability suffered small variations, with mean values near 80 and 46%, respectively. Considering the passage rate of 5%/h, all treatments showed high CP effective degradability (over 55%). Although rumen degradation estimative of silages with CM had showed a reduction tendency, all silages presented DM and CP potential degradability over 65 and 75%, respectively. The CM addition to elephantgrass can be considered an alternative that offers a fast and abundant availability of nutrients to rumen system.

**Key words:** *in situ* degradation, roughage, ruminal incubation, *Pennisetum purpureum*, by-product, *Theobroma cacao* L.

## Introdução

Os problemas decorrentes da sazonalidade de produção de forragem no Brasil podem ser minimizados pelo armazenamento do alimento na forma de silagem. O uso de espécies forrageiras para produção de alimentos conservados, visando a alimentação de bovinos de corte em confinamento ou em períodos estratégicos de escassez de alimentos, é uma alternativa viável à intensificação do sistema produtivo (Restle et al., 2003).

Originário da África e com excelente potencial de produção de matéria seca, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier) é reconhecidamente uma das gramíneas tropicais de maior potencial produtivo e, desta forma, uma das plantas forrageiras mais utilizadas para conservação na forma de silagem (Vilela, 1990). Contudo, ao ser cortado em idade inferior a 90 dias de crescimento, quando a produção e o valor nutritivo são adequados, o excesso de umidade presente (80% ou mais) aumenta o risco de fermentações indesejáveis com maior produção de ácidos acético e butírico, nitrogênio amoniacal, amidas e aminas (McDonald et al., 1991).

O estudo de tratamentos que beneficiem o processo fermentativo das silagens de capim-elefante tem sido alvo de diversas pesquisas. Tais avaliações envolveram a adição de fontes de carboidratos (Ferreira et al., 2004; Rodrigues et al., 2005), de materiais com altos teores de MS (Souza et al., 2003; Bernardino et al., 2005), o emurchecimento prévio do capim (Ferrari Júnior & Lavezzo, 2001; Andrade & Melotti, 2004), adição de inoculantes bacterianos (Andrade & Melotti, 2003) e o uso de substâncias nitrogenadas (Vilela & Wilkinson, 1987; Andrade & Melotti, 2004).

O valor nutritivo de um alimento depende, principalmente, do nível de nutrientes presentes, da quantidade ingerida voluntariamente pelo animal e da digestibilidade e, ou, da degradabilidade dos nutrientes consumidos. Conseqüentemente, a avaliação eficiente de um alimento, para fins de predição da resposta animal, baseia-se no conhecimento das quantidades diárias de proteína e de energia digestíveis que o animal pode obter desse alimento. Nesse sentido, o conhecimento do valor nutritivo potencial dos alimentos por meio da degradação ruminal permite o emprego racional dos mesmos, como alimento único ou como ingredientes de misturas mais complexas (Cabral et al. 2005).

Considerando que os carboidratos são a principal fonte de energia para o crescimento microbiano e a proteína microbiana a principal fonte de aminoácidos para o hospedeiro, variações na degradação ruminal da proteína bruta e da fibra em detergente

neutro, bem como nas taxas de digestão entre e dentro de alimentos, podem afetar o suprimento de proteína microbiana ao intestino delgado e, conseqüentemente, o desempenho animal (Cabral et al., 2000).

Assim, qualquer consideração sobre a utilização de forragens pelos ruminantes deve basear-se no contexto das complexas interações que ocorrem entre os diversos componentes da planta e os microrganismos ruminais (Azevedo et al., 2003).

Embora as informações inerentes à composição bromatológica e à ingestão de alimentos sejam de grande valia, o conhecimento da utilização dos nutrientes pelo animal, que é obtido por meio de estudos de digestão e de degradabilidade ruminal, é de fundamental importância para expressar o valor nutricional de um alimento. De acordo com Chizzotti et al., (2005), o conhecimento dos locais de digestão dos nutrientes é relevante, pois permite calcular as quantidades aparentemente absorvidas nos diferentes segmentos do trato digestório.

A degradabilidade das frações fibrosas dos alimentos cresce, quanto maior for a participação de alimentos volumosos na dieta dos animais (Souza et al., 2000). Alimentos produzidos sob condições tropicais apresentam composição nutricional diferente daqueles dos alimentos obtidos em regiões de clima temperado (Van Soest, 1994). Contudo, de todos os nutrientes necessários às exigências nutricionais para manutenção, crescimento e, ou produção de bovinos, a energia oriunda da degradação ruminal de parede celular constitui a principal contribuição dos volumosos (Ítavo et al., 2002).

Dentre as técnicas empregadas para avaliar a degradação ruminal, a *in situ* tem sido a mais extensivamente utilizada para a estimativa da degradação ruminal dos alimentos (Nocek, 1988; Valadares Filho et al., 1991). Esta técnica consiste em determinar o desaparecimento de componentes da amostra de alimentos acondicionados em sacos de náilon, ou outro material sintético, e incubados no rúmen por períodos variáveis. Embora o estudo *in situ* não permita que o alimento sofra todos os eventos digestivos, como mastigação e ruminação, Teixeira (1997) destacou que o extenso uso desta técnica está ligado à sua rápida e fácil execução, pois requer pequena quantidade de amostra do alimento teste, e possibilita sua exposição ao contato íntimo com o ambiente ruminal. Além disso, a determinação do valor nutritivo *in situ* permite obter valores mais próximos dos encontrados com ensaio *in vivo* (Nocek, 1988; Mertens, 1993).

Com a estimativa das variáveis da cinética dos nutrientes no trato gastrintestinal, é possível o fornecimento de rações mais adequadas, visando a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, bem como a redução das perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal, observando, entre os alimentos, a sincronização na degradação de nitrogênio e de carboidratos no rúmen.

Objetivou-se, com este experimento, avaliar a degradação ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fibra em detergente neutro da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier) submetido ao emurchecimento ou à adição de diferentes níveis de farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.).

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, durante o período de agosto a outubro de 2005.

Foram utilizadas três vacas da raça Holandesa malhada de preto, em lactação, canuladas no rúmen, com peso médio de 552 kg e produção de leite média de 21,5 kg. Durante todo o período da incubação ruminal, os animais foram alimentados com uma dieta básica composta de 60% silagem de milho (*Zea mays*) e 40% de concentrado, cuja composição química pode ser observada na Tabela 1.

Para produção das silagens estudadas no ensaio *in situ*, utilizou-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Napier), proveniente de uma capineira já estabelecida e localizada em um solo classificado do tipo chernossolo argilúvio, ótico, típico, estruturado hipereutrófico, com textura argilosa, fase floresta subcaducifólia e relevo ondulado (EMBRAPA, 1999), pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga, BA.

O capim-elefante foi submetido a um corte de uniformização e, após 50 dias de rebrota, foi colhido manualmente a 10 cm do solo, sendo picado em fragmentos de 2 cm em ensiladeira estacionária e submetido aos seguintes tratamentos para ensilagem:

- A – capim-elefante emurchecido ao sol por 8 horas;
- B – capim-elefante sem emurchecimento;
- C – capim-elefante (93%) mais farelo de cacau (7%);
- D – capim-elefante (86%) mais farelo de cacau (14%);
- E – capim-elefante (79%) mais farelo de cacau (21%);
- F – capim-elefante (72%) mais farelo de cacau (28%).

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos solúveis (CHOs), pH e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem de milho e do concentrado fornecidos aos animais durante o ensaio de incubação ruminal

Item	Alimentos	
	Silagem de milho	Concentrado
MS	32,2	89,0
MO <sup>1</sup>	96,0	94,9
PB <sup>1</sup>	8,0	24,3
EE <sup>1</sup>	2,8	6,8
FDN <sup>1</sup>	68,6	71,1
FDN <sub>CP</sub> <sup>1</sup>	69,5	11,2
FDA <sup>1</sup>	33,1	8,9
Cinzas <sup>1</sup>	4,0	5,1
Lignina <sup>1</sup>	7,0	1,8
Celulose <sup>1</sup>	26,1	7,1
Hemicelulose <sup>1</sup>	39,2	5,0
NIDN <sup>2</sup>	28,0	6,7
NIDA <sup>2</sup>	23,3	3,6
CHO <sup>1</sup>	85,2	63,8
CNF <sup>1</sup>	15,7	52,5
CHOs <sup>1</sup>	15,9	-
pH	3,9	-
DIVMS <sup>1</sup>	66,5	-

<sup>1</sup> % da MS; <sup>2</sup> % do N-total.

No processo de emurchecimento, o capim foi colhido e espalhado no campo e, após oito horas de exposição ao sol, picado e ensilado. Na incorporação do farelo de cacau (FC) ao capim-elefante sem emurchecimento, o mesmo foi imediatamente adicionado logo após o corte do capim e o fracionamento das partículas na ensiladeira, sendo a proporção adicionada em relação à massa verde (peso/peso) da gramínea. A composição química do capim-elefante emurchecido e não emurchecido, e do FC pode ser observadas na Tabela 2.

Utilizando quatro repetições por tratamento, o material foi acondicionado em silos experimentais de PVC, cilíndricos, com 0,15 m de diâmetro e 0,3 m de comprimento, com capacidade para 5,3 litros, que foram vedados com lona plástica, nas duas

extremidades, com auxílio de arame liso galvanizado e fita plástica, sendo armazenados em galpão coberto, durante 45 dias.

Tabela 2 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CHO), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos solúveis (CHOs), pH e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do capim-elefante e do farelo de cacau

Item	Capim-elefante		
	Não emurchecido	Emurchecido	Farelo de cacau
MS	20,3	27,8	89,8
MO <sup>1</sup>	90,4	90,2	92,6
PB <sup>1</sup>	8,6	8,5	13,5
EE <sup>1</sup>	1,7	1,8	9,9
FDN <sup>1</sup>	71,1	68,6	48,5
FDN <sub>CP</sub> <sup>1</sup>	67,5	65,2	43,6
FDA <sup>1</sup>	43,6	41,3	40,0
Cinzas <sup>1</sup>	9,6	9,8	7,4
Lignina <sup>1</sup>	3,3	3,3	17,9
Celulose <sup>1</sup>	40,3	37,9	23,1
Hemicelulose <sup>1</sup>	27,4	27,3	8,5
NIDN <sup>1</sup>	0,21	0,23	1,1
NIDA <sup>1</sup>	0,15	0,16	1,0
NIDN <sup>2</sup>	15,2	16,9	50,5
NIDA <sup>2</sup>	10,8	11,8	47,7
CHO <sup>1</sup>	80,1	79,9	69,2
CNF <sup>1</sup>	12,6	14,4	25,7
CHOs <sup>1</sup>	10,9	10,2	12,2
pH	5,6	5,6	-
DIVMS <sup>1</sup>	63,5	64,2	47,0

<sup>1</sup> % da MS; <sup>2</sup> % do NT.

Após este período, os silos foram abertos, procedendo-se então a coleta de amostras, os 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, parte delas foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, por 72 horas à temperatura de 65°C, sendo, em seguida, moídas em moinho tipo Wiley, com peneira com malha de 2 mm, segundo recomendações do NRC (2001). Após a moagem,

amostras proporcionais de cada repetição e por tratamento individual, foram misturadas e obtida uma composta de cada tratamento, as quais foi destinada à incubação ruminal.

As amostras de silagens de capim-elefante emurchecido e não emurchecido com os níveis de FC (0, 7, 14, 21 e 28%) foram acondicionadas em sacos de fibra sintética do tipo TNT, gramatura 100, com dimensões de 15 x 8 cm, na quantidade de, aproximadamente, 2,4 g de MS/saco, a fim de manter uma relação próxima a 20 mg de MS/cm<sup>2</sup> de área superficial do saco (Nocek, 1988). Os períodos de incubação corresponderam aos tempos de 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, sendo os sacos colocados em ordem inversa e em duplicata, para serem retirados todos ao mesmo tempo, promovendo, dessa forma, lavagem uniforme do material por ocasião da retirada do rúmen.

Após o período de incubação total de 144 horas, todos os sacos foram retirados do rúmen, lavados em água corrente até que esta se apresentasse limpa, procedendo-se, então, à secagem. A determinação da MS foi feita em estufa a 65°C por 72 horas. O resíduo obtido após esta etapa foi utilizado para as análises de PB e FDN, segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

Os dados de degradabilidade *in situ* da MS, PB e FDN foram obtidos pela diferença de peso, encontrada para cada componente, entre as pesagens efetuadas antes e após a incubação ruminal, e expressos em porcentagem.

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas, em que os três animais representaram os blocos; as silagens, os tratamentos; e os nove horários de incubação dos alimentos no rúmen, as subparcelas.

Com o auxílio do SAEG – Sistema para Análises Estatísticas (Ribeiro Jr., 2001), foram calculadas as taxas de degradação da MS e da PB utilizando-se a equação proposta por Ørskov & McDonald (1979):

$$D_t = A + B \times (1 - e^{-ct}), \text{ em que:}$$

$D_t$  = fração degradada no tempo “t” (%), “A” = fração solúvel (%); “B” = fração insolúvel potencialmente degradável (%); “c” = taxa de degradação da fração “B” (h<sup>-1</sup>); e “t” = tempo (h).

Já a degradabilidade da FDN foi estimada utilizando o modelo de Mertens & Loften (1980):

$$R_t = B \times e^{-ct} + I$$

Após os ajustes da equação de degradação da FDN, procedeu-se a padronização de frações, segundo a proposição de Waldo et al. (1972), conforme as equações:

$$B_p = B / (B + I) \times 100$$

$$I_p = I / (B + I) \times 100, \text{ em que:}$$

$B_p$ = fração potencialmente degradável padronizada (%);  $I_p$ = fração indigestível padronizada (%); e B, I= como definidas anteriormente.

Os coeficientes não lineares “a”, “b” e “c”, foram estimados por meio de procedimentos iterativos de Gauss-Newton. A degradabilidade efetiva (DE) da MS e da PB no rúmen foi calculada utilizando o modelo:

$$DE = A + (B \times c / c + k), \text{ em que:}$$

k corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen.

Para a DE da FDN utilizou-se o modelo:

$$DE = B_p \times c / (c + k)$$

Em que  $B_p$  é a fração potencialmente degradável (%) padronizada.

### **Resultados e Discussão**

Os parâmetros de degradação ruminal da MS, da PB e da FDN das silagens estão apresentados na Tabela 3. Considerando que a fração A representa a porção da planta que está prontamente disponível para os microrganismos ruminais, tudo leva a crer que o FC adicionado na ensilagem contribuiu para o acréscimo desta fração nas silagens, pois o tratamento com 28% de adição de FC foi o que apresentou os maiores valores, 24,8 e 40,5%, respectivamente, para MS e PB.

Para as silagens produzidas com capim-elefante emurchecido e não emurchecido, observou-se valor de A da MS semelhantes, 23,5 e 21,4%, respectivamente. Valor de A superior aos encontrados neste trabalho foi relatado por Chizzotti et al. (2005), que avaliaram a degradabilidade ruminal da silagem de capim-elefante, e reportaram valor de 29,3% de fração A.

Embora tenham sido observados maiores valores de A para o tratamento com 28% de FC, a fração insolúvel potencialmente degradável (B), tanto para a MS como para a PB, foi menor neste tratamento em relação aos demais. No que concerne aos valores da fração B encontrados para a PB, os menores valores observados para as silagens com FC possivelmente ocorreram devido ao elevado teor de NIDA do FC (48% do N-total). Como o NIDA é a fração que representa o nitrogênio indisponível ao sistema ruminal, os níveis de FC aplicados na ensilagem foram os responsáveis pelos menores valores de B.

Tabela 3 - Estimativa dos parâmetros de degradabilidade ruminal da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante (CE) incubadas no rúmen

Silagem	Parâmetro			r <sup>2</sup>
	Degradabilidade da MS			
	A	B	c	
CE emurhecido	23,5	60,1	0,1000	0,97
CE + 0% FC	21,4	59,2	0,1010	0,97
CE + 7% FC	19,4	55,9	0,0880	0,95
CE + 14% FC	19,7	46,6	0,1200	0,99
CE + 21% FC	22,7	45,0	0,0670	0,99
CE + 28% FC	24,8	44,3	0,1280	0,98
Degradabilidade da PB				
	A	B	c	
CE emurhecido	35,1	48,3	0,0487	0,98
CE + 0% FC	35,2	47,9	0,0477	0,98
CE + 7% FC	36,5	45,9	0,0401	0,98
CE + 14% FC	37,4	43,2	0,0459	0,97
CE + 21% FC	38,5	40,7	0,0462	0,96
CE + 28% FC	40,5	36,7	0,0415	0,97
Degradabilidade da FDN				
	B <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	c	
CE emurhecido	67,0	33,0	0,0620	0,98
CE + 0% FC	68,0	32,0	0,0600	0,98
CE + 7% FC	60,9	39,1	0,0801	0,97
CE + 14% FC	59,1	40,9	0,1010	0,98
CE + 21% FC	59,8	40,2	0,1030	0,97
CE + 28% FC	55,7	44,3	0,1110	0,99

A = fração solúvel (%); B/B<sub>p</sub> = fração insolúvel potencialmente degradável (%); I<sub>p</sub> = fração indegradável padronizada (%); c = taxa fracional de degradação (h<sup>-1</sup>) (%/hora); r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação. FC = Farelo de cacau.

A taxa de degradação da fração potencialmente degradável da proteína varia de 2 a 8%/hora (NRC, 1985). Apesar de ter ocorrido variações nas frações A e B, as taxas de degradação da PB em %/hora, fração c, mantiveram-se constantes, entre 4 e 5%/h. O mesmo não ocorreu com a MS, que apresentou fração c variando de 6,7 a 12,8%/h.

Chizzotti et al. (2005) avaliaram a degradabilidade ruminal da silagem de capim-elefante e observaram menor taxa de passagem da MS. Acredita-se que a melhor qualidade do capim utilizado no presente experimento, que apresentou 3,3% de lignina, tenha sido um fator que contribuiu para a maior fração c, uma vez que, o capim utilizado pelos autores, apresentou mais de 10,0% de lignina.

Para a FDN, maiores valores de B<sub>p</sub> foram observados nos tratamentos sem adição

de FC, 67 e 68%, respectivamente, para os tratamentos emurhecido e não emurhecido. Assim, os menores valores de B encontrados para os tratamentos com FC refletiram nos maiores valores de fração indegradável ( $I_p$ ).

A proporção de carboidratos da parede celular e o seu teor de lignina são os fatores que mais afetam a redução da qualidade das gramíneas tropicais. Van Soest (1994) afirmou que o teor de FDN das forragens é negativamente correlacionado com o seu consumo. Deste modo, o maior teor de lignina do FC em relação ao capim-elefante ensilado foi a possível causa da elevação da  $I_p$ .

As degradabilidades potenciais (DP) e efetivas (DE) da MS, da PB e da FDN são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante (CE), calculadas para taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h

Silagem	DE			
	DP	Taxa de passagem (%/h)		
		2	5	8
	MS (%)			
CE emurhecido	83,6	73,6	63,6	56,9
CE + 0% FC	80,6	71,5	62,2	55,7
CE + 7% FC	75,3	64,9	55,0	48,6
CE + 14% FC	66,3	59,6	52,6	47,7
CE + 21% FC	67,7	57,4	48,6	43,3
CE + 28% FC	69,1	63,1	56,6	52,0
	PB (%)			
CE emurhecido	83,4	69,3	58,9	53,4
CE + 0% FC	83,1	68,9	58,6	53,1
CE + 7% FC	82,4	67,1	56,9	51,8
CE + 14% FC	80,6	67,5	58,1	53,2
CE + 21% FC	79,2	66,9	58,1	53,4
CE + 28% FC	77,2	65,3	57,1	53,0
	FDN (%)			
CE emurhecido	67,0	50,7	37,1	29,3
CE + 0% FC	68,0	51,0	37,1	29,2
CE + 7% FC	60,9	48,7	37,5	30,5
CE + 14% FC	59,1	49,4	39,6	33,0
CE + 21% FC	59,8	50,1	40,2	33,7
CE + 28% FC	55,7	47,2	38,4	32,4

FC = Farelo de cacau.

Os maiores valores de DP da MS foram observados nos tratamentos sem adição de FC (acima de 80%). Contudo, o tratamento com adição de 7% de FC apresentou DP de 75%, enquanto para os tratamentos com 14, 21 e 28%, observaram-se valores de DP entre 65 e 70%.

O emurchecimento do capim-elefante ao sol por oito horas não afetou a degradabilidade ruminal da MS, observando-se valores semelhantes aos obtidos para a silagem não emurchecida.

Valores semelhantes aos obtidos neste estudo para a DP da MS foram relatados por Veloso et al. (2006), que observaram valores de 63,6, 81,3 e 87,4%, respectivamente, para os folíolos de guandu, de soja e folhas de mandioca. Os valores de DP da MS encontrados pelos autores são próximos dos valores obtidos neste trabalho, nos tratamentos com adição de 14, 21 e 28% de FC.

Resultados inferiores de DP da MS foram observados por Cabral et al. (2005) que avaliaram a degradação ruminal da silagem de capim-elefante e verificaram valor de 64,9% de DP da MS. A baixa DP da MS relatada pelos autores, comparada com as obtidas neste trabalho, pode ser atribuída ao capim-elefante mais maduro utilizado pelos mesmos (120 dias de crescimento), pois as gramíneas tropicais, embora apresentem alta produtividade, quando comparadas àquelas de clima temperado, acumulam, ao longo do seu ciclo de crescimento, elevada proporção de parede celular (FDN). Esta fração apresenta, de modo geral, lenta e incompleta digestão, ocupa muito espaço no trato gastrointestinal (Mertens, 1996) e é a principal responsável pela variação na digestão dos alimentos tropicais, além de exercer efeito marcante sobre o consumo de alimentos (Van Soest, 1994, Mertens, 1996).

Embora os potenciais de degradação da MS das silagens com FC tenham sido inferiores aos das silagens sem FC, constata-se, na Figura 1, que, até as primeiras seis horas, os valores de desaparecimento ruminal da MS foram semelhantes. Estimado pela equação não linear proposta por Ørskov & McDonald (1979), o potencial máximo de degradação da MS das silagens sem FC foi obtido com 96 horas de incubação. Entretanto, para os demais tratamentos, esses valores foram variáveis, ocorrendo em média, com 72 horas de incubação ruminal.

Constatou-se que, após 12 horas de incubação ruminal, os valores de degradação da MS das silagens são elevados (acima de 40%), entretanto, verificou-se que os valores apresentaram grande variação, pois as silagens com FC demonstraram, sempre, menores valores em relação às silagens sem FC (Figura 1). Esta diferença na degradação ruminal

da MS das silagens pode constituir-se em um importante fator a influenciar o consumo animal.

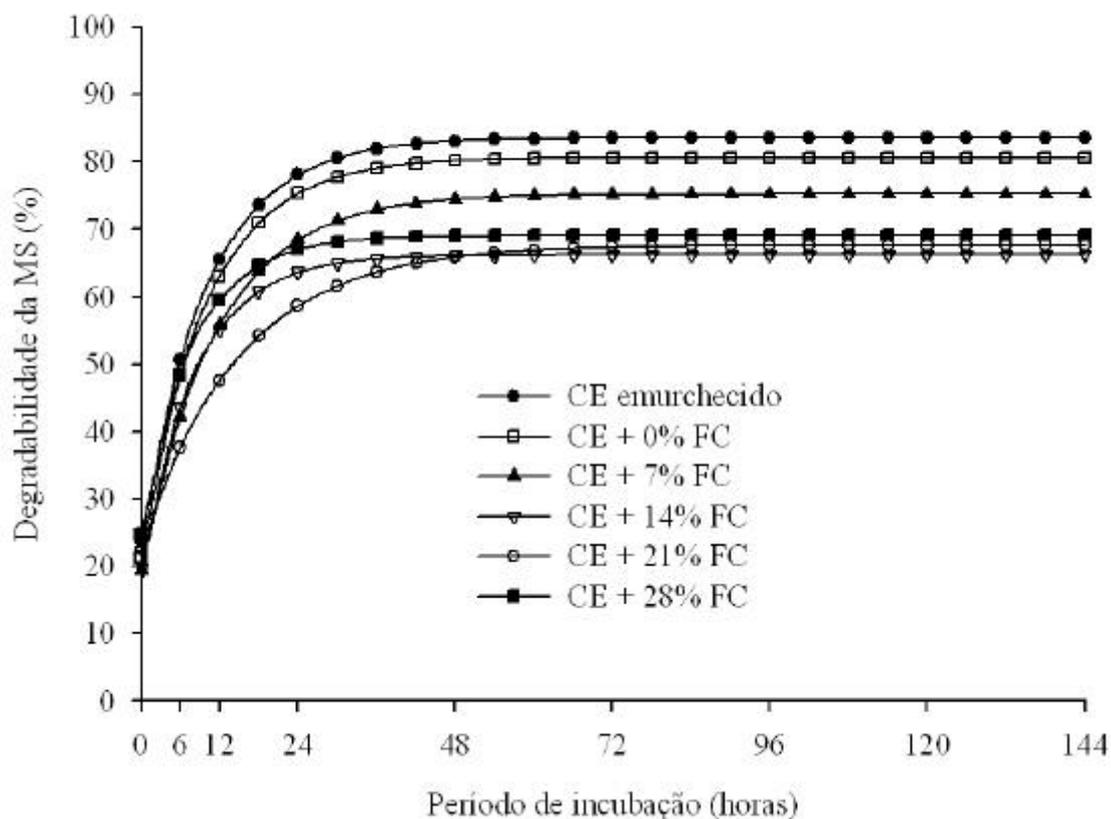


Figura 1 - Degradabilidade da matéria seca (MS) de silagens de capim-elefante (CE) emurquecido ou com farelo de cacau (FC), em função dos períodos de incubação no rúmen, estimada pela equação:  $y = A + B \times (1 - e^{-ct})$

Para a degradabilidade efetiva (DE) da MS, verificou-se a mesma tendência observada para a DP, ou seja, as silagens sem FC apresentaram maiores valores do que as com FC. Rodrigues et al. (2004) sugeriram a elevada proporção de carboidratos da parede celular e o teor de lignina da forragem como possível explicação para a menor degradabilidade. Deste modo, acredita-se que o elevado teor de lignina do FC (17,9%) tenha sido o fator responsável pelas menores DE das silagens com FC. Considerando a taxa de passagem de 5%/hora, excetuando-se o tratamento com 21% de adição de FC, que apresentou 48,6% de DE, todos os outros tratamentos (emurquecido, 0, 7, 14 e 28% de FC) apresentaram valores de DE da MS acima de 50%.

No tocante aos valores de DP da PB, excetuando as silagens com 21 e 28% de FC, que apresentaram valores abaixo de 80%, os valores obtidos para os demais tratamentos foram superiores a 80%.

Cabral et al. (2005) verificaram valor de 70% para a DP da PB da silagem de capim-elefante cortado com 120 dias de crescimento. Assim, os maiores valores de DP da PB observados para as silagens do presente trabalho, podem ser explicados pelo capim-elefante mais tenro, cortado com 50 dias de crescimento.

Como pode ser observado na Figura 2, em todos os tratamentos avaliados, mais de 60% da DP da PB foram alcançadas com 24 horas de incubação ruminal. Contudo, a partir deste período, observaram-se menores valores para os tratamentos com FC, especialmente para as silagens de capim-elefante com 21 e 28% de FC.

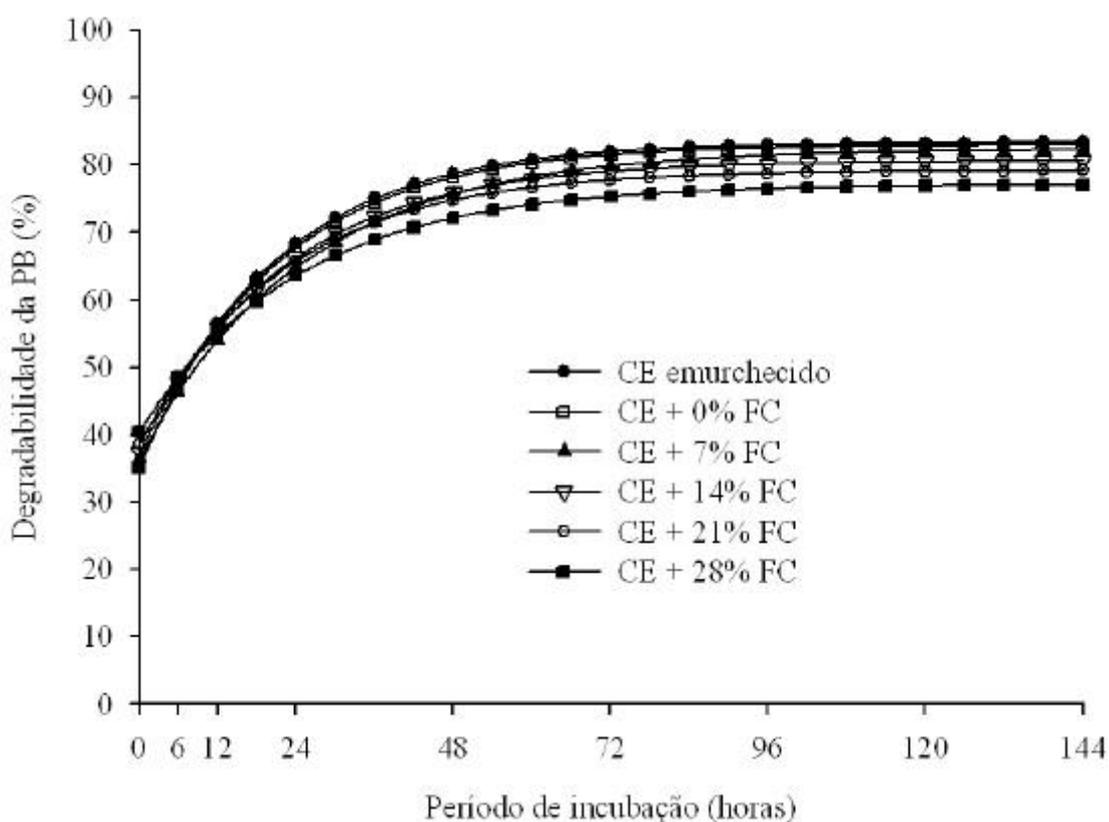


Figura 2 - Degradabilidade da proteína bruta (PB) de silagens de capim-elefante (CE) emurchecido ou com farelo de cacau (FC), em função dos períodos de incubação no rúmen, estimada pela equação:  $y = A + B \times (1 - e^{-ct})$

O desaparecimento da PB no período de incubação de seis horas revelou valores superiores a 45%, o que indica haver bom potencial para produção de proteína microbiana.

Para a DE da PB, não se verificaram grandes variações entre os tratamentos, em cada taxa de passagem. Para uma taxa de passagem de 5%/hora, Veloso et al. (2006) verificaram valor de DE da PB de folíolos de leucena de 60%, o que se assemelha aos

observados neste estudo, para os diferentes tratamentos avaliados.

Resultados semelhantes aos do presente estudo, para a DE da PB da silagem de capim-elefante, foram verificados por Sarti et al. (2005). Os autores observaram valores de 66,8, 58,2 e 54,3%, respectivamente, para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora. Para a silagem de capim-elefante com 0% de FC, considerando estas mesmas taxas de passagem, observaram-se valores de 68,9, 58,6 e 53,1%.

A degradação potencial da FDN dos tratamentos com FC foi menor do que a dos tratamentos sem adição de FC. Atribui-se tal resultado ao elevado teor de lignina do FC (17,9%). Assim, como neste estudo, Garleb et al. (1991) sugeriram que os elevados teores de celulose cristalina e lignina da casca de algodão foram responsáveis pelo lento desaparecimento da FDN em ensaios *in situ*.

Sarti et al. (2005) avaliaram a degradabilidade ruminal do capim-elefante e relataram valor de 60% para a DP da FDN. Este valor de DP observado pelos autores é inferior aos obtidos para as silagens emurhecida e não emurhecida sem FC, que apresentaram, respectivamente, 7 e 8 unidades percentuais acima. Como é sabido que, com o crescimento das plantas, a parede celular se desenvolve, acumulando cada vez mais lignina, acreditando-se que o estágio de maturidade em que o capim-elefante foi cortado no presente experimento, aos 50 dias após o corte de uniformização, tenha sido o fator responsável pelos maiores valores de DP da FDN, já que os autores citados ensilaram o capim com 70 dias de rebrota.

A curva de desaparecimento da fração FDN (Figura 3) mostra que o comportamento das silagens de capim-elefante foi diferente em relação à taxa de desaparecimento da fibra. Até as primeiras 36 horas de incubação ruminal, os valores de degradação da FDN mantiveram-se próximos (aproximadamente 50%), contudo, a partir deste tempo, as silagens sem adição de FC apresentaram maiores valores.

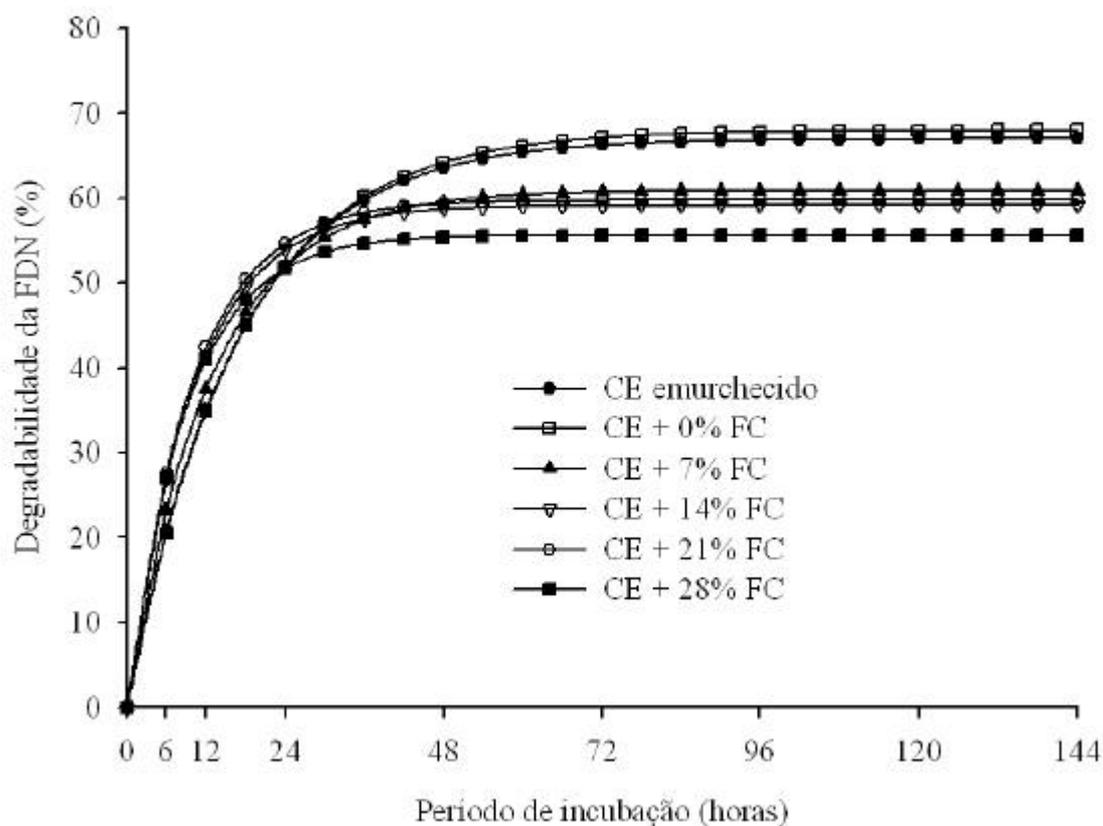


Figura 3 - Degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) de silagens de capim-elefante (CE) emurchecido com farelo de cacau (FC), em função dos períodos de incubação no rúmen, estimada pela equação:  $y = B_p \times e^{-ct} + I_p$

Apesar de o FC ter afetado o potencial de degradação da FDN, constatou-se maiores taxas de degradação (fração c) para os tratamentos com FC, indicando que, mesmo com menor potencial de degradação, o tempo de permanência da FDN das silagens com FC no rúmen é menor do que o das silagens sem adição de FC. Isso, de certa forma, é um fator positivo, pois mais de 90% do potencial máximo de desaparecimento da fibra foi alcançado com pouco menos de 24 horas de incubação ruminal. Contudo, Mertens (1993) relatou que, para alimentos volumosos serem considerados de boa qualidade, suas taxas de degradação de FDN devem situar-se entre 2 e 6%/hora. Segundo essa classificação, apenas as silagens de capim emurchecido e não emurchecido poderiam ser consideradas como de boa qualidade, já que as silagens com FC apresentaram valores diferentes, fora dessa faixa estabelecida (Tabela 3).

Estudando a degradabilidade ruminal de silagens, Molina et al. (2003) verificaram valores de DP da FDN, no tempo de incubação de 96 horas, de 67,5; 66,0; 60,5 e

58,8%, respectivamente, para as silagens de sorgo BR 303, AG 2006, BR 700 e BR 701. Os valores encontrados, por estes autores, para a DP da FDN são próximos dos valores observados para as silagens de capim-elefante, 66,8; 67,8; 60,9; 59,1; 59,8 e 55,7%, respectivamente, para os tratamentos emurhecido e não emurhecido, com os níveis de FC de 0, 7, 14, 21 e 28%, no tempo de incubação de 96 horas.

Já para a DE da FDN, os valores obtidos não variaram, observando-se amplitude máxima de menos de três unidades percentuais nos valores DE para a taxa de passagem de 5%/hora. Lopes & Aroeira (1999) avaliaram a degradabilidade do capim-elefante e verificaram valor de 34% de DE da FDN. Este resultado é inferior aos observados no presente trabalho para as silagens. Valores de DE do capim-elefante são relatados por vários autores. No entanto, em sua maioria, esses trabalhos não caracterizam o capim-elefante quanto à idade.

## **Conclusões**

As silagens de capim-elefante emurchecido e não emurchecido sem adição de farelo de cacau apresentaram o mesmo potencial de degradação e degradabilidade efetiva da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN).

A adição de farelo de cacau ao capim-elefante, no momento da ensilagem, produziu silagens com menores valores de degradabilidade potencial. Contudo, o potencial máximo de degradação da MS para as silagens com FC ocorreu, em média, com 72 horas de incubação ruminal, enquanto, para as silagens sem adição de FC, esse potencial foi alcançado com 96 horas.

Apesar dos menores potenciais de degradação da fração insolúvel (B) da proteína bruta, as silagens com farelo de cacau destacaram-se por apresentar maiores frações solúveis de proteína.

Os carboidratos da parede celular (FDN) das silagens de capim-elefante com farelo de cacau apresentaram rápida fermentação ruminal, sendo que mais de 80% do potencial máximo de degradação foram atingidos com 24 horas de incubação ruminal.

## Literatura Citada

- ANDRADE, S.J.T.; MELOTTI, L. Inoculantes bacterianos na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, n.3, p.219-223, 2003.
- ANDRADE, S.J.T.; MELOTTI, L. Efeito de alguns tratamentos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.41, n.6, p.409-415, 2004.
- AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. et al. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2185-2291, 2005.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A. et al. Frações de carboidratos de 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).
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.8, p.777-781, 2005.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Casca de algodão em substituição parcial à silagem de capim-elefante para novilhos. 1. Consumo, degradabilidade e digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2093-2102, 2005.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- 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.
- FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor nutritivo das silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1380-1385, 2004.
- GARLEB, K.A.; BOURQUIN, L.D.; HSU, J.T. et al. Isolation and chemical analyses of nonfermented fiber fractions of oat hulls and cottonseed hulls. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1255-1271, 1991.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FIHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.1024-1032, 2002 (suplemento).
- LOPES, F.C.F.; AROEIRA, L.J.M. Degradabilidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) mais uréia no rúmen de vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.4, p.383-386, 1999.

- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. Chap. II. In: FORBES, J.M, FRANCE, J (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Commonwealth Agricultural Bureaux, Cambridge University Press, England, 1993, p.13-51.
- MERTENS, D.R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Wisconsin, USA. Wisconsin, [s.ed.], 1996. **Proceedings**. p.81-92.
- MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Parâmetros de degradabilidade potencial dos componentes da parede celular das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), na presença ou ausência de tanino no grão, avaliados pela técnica *in situ*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.1138-1143, 2003.
- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.5, p.2051-2069, 1988.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant Nitrogen Usage**. Washington: National Academy Press, 1985. 138p.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001. 450p.
- ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agricultural Science**, v.92, n.1, p.449-453, 1979.
- RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L. et al. Avaliação da silagem de capim papuã (*Brachiaria plantaginea*) por meio do desempenho de bezerros de corte confinados. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.749-756, 2003.
- RIBEIRO Jr, J.I. **Análises estatísticas no SAEG (Sistema para análises estatísticas)**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 301p.
- RODRIGUES, A.L.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.5, p.658-664, 2004.
- RODRIGUES, P.H.M.; BORGATTI, L.M.O.; GOMES, R.W. et al. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1138-1145, 2005.
- SARTI, L.L.; JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F. et al. Degradação ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibra de silagens de milho e de capim-elefante. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.1, p.1-10, 2005.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.

- SOUZA, N.H.; FRANZOLIN, R.; RODRIGUES, P.H.M. et al. Efeito de níveis crescente de fibra em detergente neutro na dieta sobre a digestão ruminal em bubalinos e bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1565-1577, 2000.
- TEIXEIRA, J.C. Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes. In: TEIXEIRA, J.C. (Ed). **Digestibilidade em ruminantes**. Lavras: UFLA/FAEP, 1997. p.7-27.
- VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. et al. Degradabilidade *in situ* da proteína bruta e da matéria seca de alguns alimentos em vacas gestantes e lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.1, p.111-122, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VELOSO, C.M.; NORBERTO, M.M.; CARVALHO, G.G.P. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína bruta de folhas e folíolos de forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.613-617, 2006.
- VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Coronel Pacheco, **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 1990. p.89-131.
- VILELA, D., WILKINSON, J. M. Efeito do emurchecimento e da adição de uréia sobre a fermentação e digestibilidade *in vitro* do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) ensilado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.16, n.6, p.550-562, 1987.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model f cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**., v.55, p.125-129, 1972.

## 2. Conclusões Gerais

Capítulo 1: O emurchecimento do capim-elefante pela exposição ao sol reduziu o teor de umidade da forragem e permitiu a produção de silagem com bom valor nutritivo.

O farelo de cacau pode ser utilizado como aditivo na ensilagem de capim-elefante, aumentando o teor de matéria seca e favorecendo as características fermentativas da silagem.

Recomenda-se o nível de adição de, no máximo, 14% de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante, pois níveis mais elevados reduzem a digestibilidade *in vitro* das silagens para menos de 60%.

Capítulo 2: Os teores elevados de extrato etéreo e moderados de proteína bruta do farelo de cacau resultaram em diminuição do teor de carboidratos totais das silagens.

A fração A+B1 representa menos de 15% dos carboidratos da silagem de capim-elefante, contudo, valores acima de 20% podem ser obtidos com adição de 14% de farelo de cacau na ensilagem.

A utilização do farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante aumentou a porção de carboidratos indigestíveis das silagens, entretanto, a fração B2 apresentou-se como importante fonte de energia.

A adição de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante acarreta redução dos teores de NNP e fração B1+B2, e acréscimo das frações B3 e C, indicando que, em um sistema de alimentação de ruminantes, é necessário o fornecimento de uma fonte extra de nitrogênio solúvel.

De acordo com os valores das frações protéicas B1+B2, B3 e C das silagens de capim-elefante com farelo de cacau, pode-se inferir que estas silagens constituem-se fontes alternativas de proteína de lenta degradação no rúmen, mas potencialmente digerível no intestino delgado.

Capítulo 3: As silagens de capim-elefante emurchecido e não emurchecido sem adição de farelo de cacau apresentaram o mesmo potencial de degradação e degradabilidade efetiva da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN).

A adição de farelo de cacau ao capim-elefante, no momento da ensilagem, produziu silagens com menores valores de degradabilidade potencial. Contudo, o potencial máximo de degradação da MS para as silagens com FC ocorreu, em média, com 72 horas de incubação ruminal, enquanto, para as silagens sem FC, esse potencial

foi alcançado com 96 horas.

Apesar dos menores potenciais de degradação da fração insolúvel (B) da proteína bruta, as silagens com farelo de cacau destacaram-se por apresentar maiores frações solúveis de proteína.

Os carboidratos da parede celular (FDN) das silagens de capim-elefante com farelo de cacau apresentaram rápida fermentação ruminal, sendo que mais de 80% do potencial máximo de degradação foram atingidos com 24 horas de incubação ruminal.

Os valores de fração indigestível aumentaram com a inclusão dos níveis de farelo de cacau, devendo, portanto, ser observados e considerados em um eventual balanceamento de dietas para ruminantes.