



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ADITIVOS VEGETAIS NA ENSILAGEM
DE CAPIM-ELEFANTE

IZABELA VIEIRA OLIVEIRA ANDRADE

Itapetinga – BA
Março de 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Área de concentração: Produção de Ruminantes

IZABELA VIEIRA OLIVEIRA ANDRADE

**ADITIVOS VEGETAIS NA ENSILAGEM
DE CAPIM-ELEFANTE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”; Área de Concentração: Produção de Ruminantes.

Orientador:

Prof^o D.Sc. Aureliano José Vieira Pires

Co-orientadores:

Prof^a D.Sc. Cristina Mattos Veloso

Prof^o D.Sc. Paulo Bonomo

Itapetinga – BA

Março de 2008

633.2 Andrade, Izabela Vieira Oliveira.
A567a Aditivos vegetais na ensilagem de capim-elefante / Izabela Vieira
 Oliveira Andrade. – Itapetinga-Ba: UESB/Mestrado em Zootecnia, 2008.
 57p. Il.

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - *campus* de Itapetinga. Sob a orientação do Profº D.Sc. Aureliano José Vieira Pires e com a Co-orientação da Profª. D.Sc. Cristina Mattos Veloso e do Profº D.Sc. Paulo Bonomo.

Dissertação normalizada e revisada por Rogério Pinto de Paula – Diretor da Biblioteca Regina Célia Ferreira Silva – BIRCEFS / UESB-IT - CRB 1746-6 Reg.

Bibliografia: p.53-57

1. Forragicultura – Forragem. 2. Capim-elefante – Silagem – Ensilagem – Aditivos vegetais. 3. Nutrição animal. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – UESB - *Campus* de Itapetinga. II. Pires, Aureliano José Vieira (Orient.). III. Veloso, Cristina Mattos (Co-Orient.). IV. Bonomo, Paulo (Co-orient.). V. Título.

CDD (21) 633.2

Catálogo na Fonte:

Rogério Pinto de Paula – CRB 1746 - 6ª Região

Diretor da Biblioteca – UESB – Campus de Itapetinga-Ba

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Forragicultura – Forragem
2. Capim-elefante – Silagem – Ensilagem – Matéria seca – Valor nutritivo
3. Nutrição animal – Aditivos vegetais

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração em Produção de Ruminantes

Campus de Itapetinga-BA

TERMO DE APROVAÇÃO

Título: Aditivos vegetais na ensilagem de capim-elefante

Autor: Izabela Vieira Oliveira Andrade

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia, área de concentração em Produção de Ruminantes, pela Banca Examinadora:

Profº Aureliano José Vieira Pires, *D.Sc.* – UESB
Presidente

Profº Márcio dos Santos Pedreira, *D.Sc.* – UESB

Profº Vicente Ribeiro Rocha Júnior, *D.Sc.* – UNIMONTES

Data da defesa: 12 de março de 2008.

UESB - *Campus* Juvino Oliveira, Praça Primavera nº 40 – Telefone: (77) 3261-8628
Fax: (77) 3261-8701 – Itapetinga – BA – CEP: 45.700-000 – E-mail: mestrado.zootecnia@uesb.br

Aos meus pais, Dilson e Elza, à minha irmã, Priscilla, a Ricardo, aos sobrinhos, Gabriel e Cecília, por estarem ao meu lado nas mais difíceis situações, pelo apoio, pelas alegrias e pela força que sempre transmitiram ao longo dos anos. À minha avó, Ana, pela verdadeira lição de força e perseverança, com seus 92 anos. Ao Rogério, pelo amor, pelo cuidado e pela paciência, que serviram de incentivo nos momentos de dificuldades.

Dedico

À Tia Ana Maria (in memoriam) e ao Tio Laécio, pelo exemplo de seres humanos, pelas sábias palavras de incentivo e pela nobreza dos seus sentimentos de amizade, amor e confiança. Ao Profº Aureliano José Vieira Pires pelos valiosos ensinamentos e pela excelente orientação.

Ofereço

A Deus, por estar comigo todo tempo em mais esta jornada, me ouvindo em silêncio, apenas me dando forças, coragem, iluminando meus caminhos e guiando meus passos na direção certa;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso;

Ao Prof^o. Aureliano José Vieira Pires, pela orientação, exemplo de profissionalismo e amor à profissão;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela bolsa de estudos concedida;

À Prof^a. Cristina Mattos Veloso, pelos ensinamentos, pela cordialidade e pela amizade;

Ao Prof^o. Paulo Bonomo, pela preciosa ajuda durante as análises estatísticas, e pelo incentivo em momentos de dúvidas e fraquezas;

Ao Prof^o. Herymá Giovane de Oliveira Silva, pelos aconselhamentos e pelo otimismo transmitido em vários momentos;

Aos Professores Vicente Ribeiro Rocha Júnior e Márcio dos Santos Pedreira, pela gentileza e pelas valiosas sugestões;

Ao colega e amigo, Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, por sempre estar disposto a ajudar, sendo um exemplo de determinação e força de vontade;

Ao funcionário do Laboratório de Forragicultura, José Queiroz, pelo apoio e pela paciência durante todo desenvolvimento das análises laboratoriais;

Ao Laboratório de Nutrição Animal, na pessoa da Prof^a. Carmen Lúcia Rech, pela gentileza e pela valiosa colaboração durante as análises laboratoriais;

Ao colega e amigo, Alexandro Carvalho (Aracaju), pela presteza e amizade;

Aos colegas e amigos da Pós-graduação, Aires, Camila Maida, Cibele, Diego, Elisangela, Jobel, José Lúcio, Laura, Lázaro, Leandro, Lucas, Rose, Saulo e Silvana, pelo companheirismo, pela contribuição direta ou indireta oferecida por cada um de vocês e pela agradável convivência;

À amiga, Rose, pela companhia incondicional, por sonhar e realizar junto comigo, mas, acima de tudo, pela grande e fiel amizade;

À Flávia, pela companhia incondicional nos momentos de dificuldades e, principalmente, por sua verdadeira amizade;

À Nilzete (NIL), meu fiel anjo da guarda, sempre presente e preocupada com meu bem estar;

*A toda minha família, que sempre me deu forças e me completou com bons
exemplos de persistência e dedicação;
Aos demais colegas, professores, funcionários do curso de Pós-graduação e a
todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização deste
trabalho.*

Muito Obrigada!

*"Embora ninguém possa voltar atrás e
fazer um novo começo, qualquer um pode
começar agora e fazer um novo fim."*

Chico Xavier

RESUMO

ANDRADE, I.V.O. **Aditivos vegetais na ensilagem de capim-elefante**. Itapetinga – BA: UESB/Mestrado em Zootecnia, 2008, 57p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Produção de Ruminantes)*

Foram estudados os efeitos da adição de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC) na ensilagem de capim-elefante, com o objetivo de avaliar as perdas, os parâmetros qualitativos, o valor nutritivo e o fracionamento de carboidratos e proteína. O experimento foi conduzido no Setor de Forragicultura da UESB, *Campus* de Itapetinga. Foi utilizado um esquema fatorial 3 x 4, sendo três aditivos (FM, CC e FC), em quatro doses de inclusão (0, 10, 20 e 30% da MN), com cinco repetições, num delineamento inteiramente casualizado. O capim-elefante apresentava 15,9% de MS, sendo que o material foi ensilado em silos de PVC providos de válvula de “Bunsen”, permanecendo fechados por 60 dias. Após abertura dos silos foram realizadas pesagens para a determinação das perdas através da quantificação da produção de efluente e das perdas por gases. Amostras foram coletadas para posteriores análises de nitrogênio amoniacal e pH, bem como a composição químico-bromatológica e o fracionamento dos carboidratos e proteína. A adição dos aditivos aumentou o teor de matéria seca (MS), sendo que o FC foi mais eficiente no controle das perdas por efluente e gases. O FM, a CC e o FC garantiram altas taxas de recuperação de MS. A adição do FM e do FC favoreceram a redução nos valores de pH e o teor de nitrogênio amoniacal, respectivamente, refletindo na melhoria do perfil de fermentação das silagens. As silagens contendo FM apresentaram maior teor de nutrientes digestíveis totais, além de menor teor de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e lignina. A adição do FC ao capim-elefante no momento da ensilagem aumenta o teor de nitrogênio total, porém, apresentou maior teor para as frações de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e detergente ácido. O FM reduz o teor das frações supracitadas, apresentando os maiores valores para a fração “A” da proteína, que representa o nitrogênio não protéico, e para a fração de proteína verdadeira, representada pelo teor de “B1 + B2”. O FM promoveu redução da fração “C”, confirmando o baixo teor observado para o nitrogênio insolúvel em detergente ácido. Em contrapartida, o FC proporcionou acréscimo desta fração, aumentando significativamente o teor de proteína indisponível para os microrganismos ruminais. A adição do FM proporcionou maior teor de carboidratos totais, em todas as doses de inclusão utilizadas, seguida pela CC e com o menor teor observado para a adição de FC. A fração “A + B1” dos carboidratos apresentou aumento em função das doses dos aditivos, sendo a CC a responsável pelo menor teor desta fração nas silagens. Para a fração “B2”, todos os aditivos demonstraram teores semelhantes. Já a fração “C” foi menos influenciada pela adição de FM, tendo a CC como principal responsável pelo aumento desta fração. A adição de FM, CC e FC proporcionaram silagens bem conservadas, com mínimas perdas de MS e ainda contribuiu de forma significativa para a melhoria do valor nutritivo a partir das doses utilizadas.

Palavra-chave: CNCPS, matéria seca, *Pennisetum purpureum*, silagem, valor nutritivo

***Orientador:** Aureliano José Vieira Pires, *D.Sc.*, UESB e Co-orientadores: Cristina Mattos Veloso, *D.Sc.*, UESB e Paulo Bonomo, *D.Sc.*, UESB.

ABSTRACT

ANDRADE, I.V.O. **Vegetable additives in elephantgrass ensilage.** Itapetinga – BA: UESB/Mestrado em Zootecnia, 2008, 57p. (Dissertation – Masters Degree in Animal Science – Ruminant Production)*

The effects of the addition of cassava meal (CM), coffee hulls (CH) and cocoa meal (CMe) in the elephantgrass ensilage were studied, with the objective of evaluating the losses, qualitative parameters, nutritional value and carbohydrate and protein fractioning. The experiment was carried out at the Forage Sector of UESB, *Campus* of Itapetinga. A 3 x 4 factorial arrangement was used, being three additives (CM, CH and CMe) in four inclusion doses (0, 10, 20 and 30% of NM) with five repetitions, in a completely randomized design. The elephantgrass presented 15.9% of DM, and the material was ensiled in PVC silos provided with valve of "Bunsen", remaining closed for 60 days. After opening of the silos weightings were accomplished to determination the losses through the quantification of the effluent production and gases losses. Samples were collected for subsequent dry matter (DM), ammonia nitrogen content and pH analyses, when the chemical-bromatological composition and the fractions that compose carbohydrates and protein were determinated. The additive addition was effective in DM content increase, and CMe was more efficient in the control of effluent and gases losses. CM, CH and CMe garanted high rates of DM recovery. CM and CMe favored pH values and ammonia nitrogen reduction, respectively, resulting in silages fermentation profile improvement. The silages added with CM presented larger total digestible nutrients contents, besides guaranteeing lower neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose and lignin contents. CMe addition to elephantgrass at the moment of the ensilage contributed to total nitrogen content increase, however it presented larger neutral detergent and acid detergent insoluble nitrogen fractions contents. CM contributed to the reduction of fractions content, presenting the largest values for the protein fraction "A", that represents the non protein nitrogen, and for the true protein fraction, represented by "B1 + B2" contents. CM promoted reduction of the "C" fraction, confirming the low contents observed for the acid detergent insoluble nitrogen. Otherwise, CMe provided increment of this fraction, significantly increasing the contents of unavailable protein for rumen microorganisms. The addition of CM provided the largest total carbohydrates contents, in all the inclusion doses used, followed by CH and with the smallest contents observed for CMe addition. The "A + B1" carbohydrates fraction presented increase in function of the additives doses, being CH the responsible for the smallest contents of this fraction in the silages. For "B2" fraction, all the additives demonstrated similar contents. The "C" fraction contents were less influenced by CM addition, with the CH as the main responsible for the increase of this fraction. The CM, CH and CMe addition provided silages well conserved, with minimum DM losses and it still contributed significantly to the improvement of the nutritional value from the used doses.

Key words: CNCPS, dry matter, nutritive value, *Pennisetum purpureum*, silage

***Adviser:** Aureliano José Vieira Pires, *D.Sc.*, UESB and **Co-advises:** Cristina Mattos Veloso, *D.Sc.*, UESB and Paulo Bonomo, *D.Sc.*, UESB.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) do capim-elefante, do farelo de mandioca, da casca de café e do farelo de cacau.....	26
Tabela 2 -	Teores médios de matéria seca (MS), produção de efluente, perdas por gases, teores de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), valores de pH e recuperação de matéria seca (RMS) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)	31
Tabela 3 -	Teores médios de matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)	36
Tabela 4 -	Teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)	39
Tabela 5 -	Teores médios de nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC).....	43
Tabela 6 -	Teores médios da fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC).....	46
Tabela 7 -	Teores médios de carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular que correspondem à fração potencialmente degradável (B2) e fração indigestível da parede celular (C) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)	49

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Produção de efluente das silagens de capim-elefante contendo diferentes doses de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC)..... **32**
- Figura 2** - Valores de pH das silagens de capim-elefante contendo diferentes doses de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC)..... **35**
- Figura 3** - Teores de fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante contendo diferentes doses de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC)..... **40**
- Figura 4** - Teores de nitrogênio total (NT) das silagens de capim-elefante contendo diferentes doses de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC)..... **44**

LISTA DE ABREVIATURAS

CC –	Casca de café
CEL –	Celulose
CF –	Carboidratos fibrosos
CIN –	Cinza
CNCPS –	Cornell Net Carbohydrate and Protein System
CNF –	Carboidratos não fibrosos
CS –	Carboidratos solúveis
CT –	Carboidratos totais
EE –	Extrato etéreo
FC –	Farelo de cacau
FDA –	Fibra em detergente ácido
FDN –	Fibra em detergente neutro
FDNcp –	Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína
FDNi –	Fibra em detergente neutro indigestível após 240 horas de incubação
FM –	Farelo de mandioca
HEM –	Hemicelulose
LIG –	Lignina
MM –	Matéria mineral
MO –	Matéria orgânica
MS –	Matéria seca
NIDA –	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NIDN –	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
NDT –	Nutrientes digestíveis totais
N-NH ₃ –	Nitrogênio amoniacal
NNP –	Nitrogênio não protéico
NT –	Nitrogênio total
PB –	Proteína bruta
RMS –	Recuperação de matéria seca

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Potencial da ensilagem de capim-elefante.....	17
2.2	Perdas por gases e efluente associadas ao teor de matéria seca da forragem.....	18
2.3	Aditivos absorventes de umidade para ensilagem.....	19
2.3.1	Farelo de mandioca.....	20
2.3.2	Casca de café.....	20
2.3.3	Farelo de cacau.....	21
2.4	Parâmetros qualitativos da silagem.....	21
2.5	Valor nutritivo.....	22
2.6	Fracionamento de carboidratos e proteína.....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5	CONCLUSÕES.....	52
6	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui uma vasta extensão territorial e um clima privilegiado para o crescimento de plantas forrageiras, cujas condições são excelentes para o desenvolvimento da pecuária. Dessa forma, a formação de boas pastagens assume importância fundamental tornando-se a melhor opção para a alimentação do rebanho, sendo o alimento disponível mais barato e que fornece todos os nutrientes necessários ao bom desempenho dos animais.

No entanto, a produção das forrageiras está sujeita a uma estacionalidade, caracterizada no Brasil pelo “período das águas”, onde calor, umidade e luminosidade promovem a ativam o desenvolvimento das plantas, e o “período da seca”, no qual o frio, a falta de umidade e os dias curtos diminuem o desenvolvimento das plantas, fazendo com que estas entrem em repouso vegetativo.

Para que se possa contornar o problema da baixa qualidade da forragem, nessa época do ano, a prática de conservação de forragens se torna uma alternativa, sendo a ensilagem um método de conservação amplamente utilizado, que visa manter o fornecimento adequado da alimentação aos animais nos meses de seca.

A produção de silagem baseia-se no princípio da fermentação e tem como principal objetivo tentar maximizar a preservação original dos nutrientes encontrados na forragem fresca, durante o armazenamento, com o mínimo de perdas de matéria seca (MS) e energia, quando realizada dentro das técnicas e padrões recomendados.

Dentre as forrageiras tropicais, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) vem sendo utilizado com grande frequência para a produção de silagem, não só devido à sua alta produção de MS por área, quando comparado com as demais espécies, como pelo fato de possuir bom valor nutritivo.

Entretanto, a presença de alto teor de umidade no momento ideal de corte e o baixo teor de carboidratos solúveis são fatores que inibem o adequado processo fermentativo, produzindo silagens de baixa qualidade, além de ocasionar perdas de nutrientes pela elevada quantidade de efluente produzido.

Em razão das perdas de valor nutritivo e de MS resultar em silagem de baixa qualidade, em decorrência de problemas como a elevada produção de efluente e o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, muito têm se buscado com a possibilidade de adicionar, na ensilagem de gramíneas tropicais, ingredientes que atuem no sentido de melhorar as características fermentativas.

No intuito de minimizar as perdas nesse processo, uma das principais alternativas buscadas tem sido no sentido de aumentar o teor de MS, através da adição de materiais

absorventes, o que favorece a redução das perdas, além de contribuir para o incremento da composição química da silagem.

Além de atender os requisitos supracitados, estes aditivos precisam apresentar boa disponibilidade no mercado, ser de fácil manipulação e disponibilizados a preços competitivos. Partindo deste princípio, o farelo de mandioca, a casca de café e o farelo de cacau apresentam-se como opções interessantes em regiões produtoras de mandioca, café e cacau, respectivamente.

O trabalho teve por objetivo avaliar o uso do farelo de mandioca, da casca de café e do farelo de cacau adicionados ao capim-elefante no momento da ensilagem, sobre as perdas da silagem, as características fermentativas, bem como o seu valor nutritivo, por meio do fracionamento de carboidratos e de proteína.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Potencial da ensilagem de capim-elefante

A produção animal em pastagens com gramíneas de clima tropical tem encontrado entraves para manter a eficiência produtiva dos rebanhos, devido à irregularidade na distribuição da produção forrageira durante todo o ano, causada pela sazonalidade climática.

Deste modo, a ensilagem surge como uma das possíveis soluções ao problema da estacionalidade da produção forrageira, permitindo que o excedente de pastagens, produzido na época das águas, possa ser armazenado e utilizado na alimentação dos animais em épocas de escassez, gerando, assim, a sustentabilidade do sistema de produção.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) é uma espécie perene, nativa da África, de grande rendimento forrageiro, muito vigorosa, de grande porte, boa palatabilidade, além de apresentar resistência a condições climáticas adversas (Queiroz Filho et al., 2000). Desde sua introdução no Brasil, em 1920, este capim despertou a atenção por sua elevada produção de biomassa, sendo inicialmente utilizado como capineira para o fornecimento de forragem verde picada ou conservada sob a forma de silagem (Abreu, 2005).

A conservação do capim-elefante produzido na estação chuvosa é uma das alternativas cada vez mais utilizadas para suprir a escassez de volumoso na época seca, pois o mesmo apresenta alta produção de MS e bom valor nutritivo (Andrade & Lavezzo, 1998).

Entretanto, como acontece com a maioria das gramíneas tropicais, com o avanço do crescimento vegetativo, há aumento da produção por área, tendo, em contrapartida, seu valor nutritivo diminuído. Nestas condições, conseqüentemente, o produto obtido no processo de ensilagem também é de baixo valor nutritivo. Por outro lado, quando estas são ensiladas em estágio de desenvolvimento mais novo, o alto teor de umidade, a alta capacidade tampão e os baixos teores de carboidratos solúveis podem interferir no processo da ensilagem (Ferrari Jr. & Lavezzo, 2001). Estes fatores influenciam negativamente o processo fermentativo, impedindo o rápido decréscimo do pH a níveis adequados e permitindo fermentações secundárias indesejáveis, o que prejudica a qualidade do produto preservado, além de ocasionar perda de nutrientes pela elevada quantidade de efluente produzido, e causar riscos de poluição ambiental (McDonald, 1981).

O problema de excesso de umidade das plantas forrageiras para produção de silagem tem atraído atenção e esforços de muitos pesquisadores, tendo sido realizados diversos trabalhos objetivando a avaliação de alternativas viáveis que possam beneficiar o processo fermentativo de silagens de capim-elefante, como a adição de materiais ricos em carboidratos e

elevado teor de MS, que funcionam como aditivos absorventes (Ferrari Jr. & Lavezzo, 2001; Bernardino et al., 2005; Rodrigues et al., 2005; Carvalho et al., 2007b).

2.2 Perdas por gases e produção de efluente associadas ao teor de matéria seca da forragem

Segundo McDonald (1981), as perdas relacionadas ao processo de ensilagem podem estar associadas a diversos fatores, como respiração residual, fermentação, produção de efluente no silo, deterioração aeróbia, podendo atingir valores de até 40%.

Para que haja um mínimo de perdas durante a confecção da silagem, alguns aspectos devem ser considerados. O teor de umidade das forrageiras a serem ensiladas tem grande influência nas reações químicas que ocorrerão durante o armazenamento, afetando, conseqüentemente, o valor nutritivo da silagem.

Na produção de silagens de gramíneas tropicais, as maiores fontes de perdas por produção de gases estão relacionadas às fermentações butíricas, e são promovidas pela atuação de microrganismos do gênero *Clostridium* sp, que têm sua máxima eficiência em ambientes com alta concentração de umidade, elevado pH e altas temperaturas. Os produtos finais deste tipo de fermentação são ácido butírico, água e dióxido de carbono (McDonald, 1981).

De acordo com Haigh (1999), o teor de MS desempenha papel fundamental na confecção da silagem ao aumentar a concentração de nutrientes, ao facilitar os processos fermentativos e ao diminuir a capacidade de ação dos clostrídios. Este mesmo autor salientou que os principais problemas em se ensilar materiais com baixos teores de MS seriam a necessidade de se atingir valores mais baixos de pH, para, desta forma, inibir o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* e as perdas de MS e do valor nutritivo do material devido à grande produção de efluente.

Quando adequada, a umidade auxilia na compactação do material, promovendo o estabelecimento de um ambiente anaeróbio no silo. Porém, diversos estudos (Haigh, 1999; Loures et al., 2003) têm mostrado uma relação negativa entre teor de MS da forrageira ensilada e volume de efluente produzido no processo de ensilagem. Loures et al. (2003), ensilando capim-elefante cv. Cameroon com 13 e 25% de MS, observaram que não houve produção de efluente naquele capim ensilado com maior teor de MS, enquanto que a ensilagem do capim com 13% de MS provocou perdas significativas de MS e nutrientes através do efluente.

Segundo Nussio et al. (2002), as perdas por efluente podem ser evitadas utilizando forragens naturalmente secas; misturando culturas mais secas às mais úmidas, no momento da ensilagem; usando aditivos absorventes; ou adotando o emurchecimento na ensilagem.

O uso de aditivos absorventes ou seqüestrantes de umidade é uma das técnicas mais recomendadas para o controle da produção de efluente em silagens. Alguns aditivos

absorventes, além de favorecerem o aumento do teor de MS, proporcionam, também, incrementos na concentração de carboidratos solúveis, como, por exemplo, o farelo de cacau e a casca de café (Bernardino et al., 2005; Carvalho et al., 2007b).

2.3 Aditivos absorventes de umidade para ensilagem

A utilização de resíduos ou subprodutos da agroindústria vem sendo avaliada por diversos autores (Ferrari Jr. & Lavezzo, 2001; Souza et al., 2003; Bernardino et al., 2005, Batista et al., 2006), os quais se centraram em determinar em que percentuais estes aditivos podem ser adicionados na ensilagem de capim-elefante, com o objetivo de promover uma melhoria nas condições de fermentação da silagem, principalmente pelo incremento do teor de MS.

Segundo Igarasi (2002), o ingrediente utilizado como aditivo nas silagens de capim deve apresentar alto teor de MS, alta capacidade de retenção de água, boa palatabilidade, além de fornecer carboidratos para a fermentação.

Um dos grandes problemas encontrados pela agroindústria é a dificuldade de escoamento de seus resíduos, que são responsáveis em parte pela contaminação ambiental, devido à grande quantidade acumulada na forma de lixo (Silveira et al., 2002). A disponibilidade de resíduos e subprodutos provenientes da agroindústria e a crescente preocupação com problemas ambientais têm gerado maior interesse quanto ao destino destes materiais, quanto ao possível aproveitamento na alimentação animal e até mesmo como material alternativo, funcionando como aditivos para ensilagem de forragens com alto teor de umidade (Lima et al., 2007).

Os aditivos mais utilizados na ensilagem do capim-elefante são os materiais secos, que elevam o teor de MS da silagem, e aumentam as chances de boa preservação. Entre esses materiais, citam-se as fontes de carboidratos, como fubá de milho, farelo de trigo, polpa cítrica e resíduos regionais da agroindústria (Silva et al., 2007).

Os resíduos e subprodutos agroindustriais variam em quantidade e qualidade conforme a região. No Estado da Bahia, encontra-se, em quantidades significativas, o farelo de cacau, a casca de café, bem como o farelo de mandioca, dentre outros materiais, que podem ser utilizados como aditivos para ensilagem de gramíneas tropicais com a finalidade de melhorar o processo fermentativo, além de reduzir as perdas por gases e efluente.

2.3.1 Farelo de mandioca

Segundo Menezes et al. (2004), a mandioca (*Manihot esculenta*) é cultivada em todos os estados do Brasil, ocupando lugar de destaque como um dos maiores produtores mundiais, com produção anual estimada em 27 milhões de toneladas, sendo 80% da produção destinada à indústria de farinha, principalmente na região Nordeste.

O farelo de mandioca constitui-se do resíduo sólido descartado da indústria da mandioca, formado a partir da lavagem da mandioca triturada para extração da fécula e caracterizado como o material fibroso da raiz (Leonel & Cereda, 2000), e apresenta 81,4% de MS, 77% de amido e 2% de proteína bruta (Ferrari Jr. & Lavezzo, 2001). Por apresentar elevado teor de MS e boa capacidade de absorção, pode atuar como eficiente aditivo absorvente.

Ferrari Jr. & Lavezzo (2001) utilizaram o capim-elefante com 18% de MS e, ao compararem o emurchecimento e a adição de farelo de mandioca na confecção da silagem, concluíram que os dois tratamentos podem ser utilizados como alternativas viáveis para aumentar o teor de MS da silagem. Os autores concluíram que a adição de 12% de farelo de mandioca mostrou-se mais eficiente que o emurchecimento na elevação do teor de MS.

Aguiar (2004), avaliando a composição de silagem de capim-elefante com inclusão, em níveis crescentes, de bagaço de mandioca (5, 10, 15 e 20%), observou que os tratamentos foram eficientes na melhoria do teor de MS, sendo que, ao aumentar o nível de inclusão de bagaço, o teor de MS variou de 25,1 a 33,1%.

2.3.2 Casca de café

O Brasil, com uma agricultura de relevante importância, gera grande quantidade de resíduos agroindustriais, entre eles a casca de café, resíduo do beneficiamento do grão de café (*Coffea arabica* L.). Com elevada disponibilidade, pode atuar como eficiente aditivo absorvente, por apresentar elevado teor de MS e capacidade de absorção de umidade (Bernardino et al., 2005), além de ser um material de baixo custo. A casca representa 40% do fruto maduro e retorna às lavouras de café como adubo orgânico ou perde-se por não ter utilização. A CONAB (2007) prevê a produção brasileira de 40,62 milhões de sacas para a safra 2007/08, estimando-se a produção de cerca de 974 milhões de toneladas de casca de café.

Bernardino et al. (2005) observaram redução significativa da produção de efluente da silagem de capim-elefante, contendo 12,4% de MS, quando foram adicionados 10, 20, 30 e 40% da casca de café, com base na matéria natural (MN), no momento da ensilagem. Os autores relataram que apenas as silagens produzidas sem casca de café e com 10% do aditivo produziram efluente. A produção total de efluente das silagens sem casca e com 10% desse aditivo foram, respectivamente, 123,5 e 26,7 L/ton. Os autores registraram ainda que a inclusão

de casca de café, a partir de 20%, foi suficiente para eliminar totalmente a produção de efluente. Constatou-se, pois, que a casca de café foi eficiente em absorver o excesso de umidade da silagem de capim-elefante, reduzindo e eliminando a produção de efluente.

Souza et al. (2003), ao avaliarem diferentes níveis de inclusão de casca de café (0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8%) na ensilagem de capim-elefante com 14,5% de MS, verificaram que a mesma mostrou-se eficiente em aumentar o teor de MS da silagem, contribuindo para a produção de silagens com maior disponibilidade de nitrogênio e menor teor de fibra em detergente neutro. Carvalho et al. (2007c), também utilizando casca de café como aditivo na ensilagem de capim-elefante (17,2% de MS), e observaram decréscimo do teor de fibra em detergente neutro das silagens (0,18%), porém, houve acréscimo do teor de fibra em detergente ácido (0,12%).

2.3.3 Farelo de cacau

Segundo dados do IBGE (2008), a Bahia produziu, no ano de 2007, cerca de 205 mil toneladas de cacau (*Theobroma cacao*), praticamente a totalidade da produção da região Nordeste, valor que representa 69,9% da produção brasileira. Entretanto, em todo Parque Industrial de Ilhéus, na Bahia, processam-se 450 toneladas de amêndoa seca de cacau, o que gera 45 toneladas de farelo.

Segundo Carvalho et al. (2007b), o farelo de cacau é o resíduo da industrialização da amêndoa do cacau para obtenção da manteiga de cacau e do chocolate, representando um potencial aditivo para utilização na ensilagem de capim-elefante, devido às suas propriedades higroscópicas e bom valor nutritivo, sendo seu teor de MS em torno de 86,1% o que favorece a redução do teor de umidade da silagem de gramíneas tropicais.

Em estudo sobre a composição bromatológica e o valor nutritivo de silagens de capim-elefante (20,1% de MS), utilizando como aditivo o farelo de cacau (0, 7, 14, 21 e 28% da MN), Carvalho et al. (2007b), observaram redução satisfatória do teor de umidade, além de favorecer o aumento do teor de nitrogênio total.

2.4 Características fermentativas da silagem

O termo qualidade de silagem refere-se à eficiência do processo fermentativo para promover a conservação do valor nutritivo da forragem ensilada. Entre os principais parâmetros utilizados para avaliar a qualidade do processo fermentativo, estão as características químicas apresentadas pelas silagens, como teor de MS, valor de pH e conteúdo de nitrogênio amoniacal como proporção do nitrogênio total (Tomich et al., 2003).

As bactérias anaeróbias do gênero *Clostridium* têm efeito negativo sobre a qualidade da silagem, especialmente se o pH não for suficientemente baixo para inibir o seu crescimento. Esses microorganismos fermentam açúcares, ácido lático e aminoácidos, produzindo ácido butírico e aminas. Esse tipo de fermentação resulta em perda significativa de MS e os produtos da fermentação reduzem a palatabilidade, além de diminuir a estabilidade aeróbia da silagem (Muck, 1988).

O conteúdo de amônia das silagens, expresso como porcentagem do nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total ($N-NH_3/NT$), é amplamente utilizado na avaliação de silagens. Juntamente com o valor de pH, fornece uma indicação da forma que se processou a fermentação. Um baixo teor de $N-NH_3$ na silagem, inferior a 10% do nitrogênio total, indica que o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva da proteína em amônia e os aminoácidos constituem a maior parte do nitrogênio não protéico. Ao contrário, um teor de $N-NH_3$ superior a 15% do nitrogênio total significa que a quebra de proteínas foi considerável, e tais silagens podem ser menos aceitas pelos animais, resultando em baixo consumo (Muck, 1988; Van Soest, 1994).

Faria et al. (2007), estudando a composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante (12,7% de MS) com níveis crescentes de casca de café (0, 6, 12, 18 e 24% da MN), detectaram valor mínimo de pH de 3,8 com a adição de 18,6% de casca de café, enquanto que Souza et al. (2003) observaram pH mínimo de 3,7 para o nível de 26,9% de adição de casca de café.

2.5 Valor nutritivo da silagem

O valor nutritivo das plantas forrageiras é freqüentemente determinado pela sua composição bromatológica, principalmente pelos teores de proteína bruta (PB) e fibra em detergente ácido (FDA), sendo que a lignina exerce grande influência sobre a taxa de degradação e a degradabilidade efetiva da parede celular dos alimentos volumosos, demonstrando ser um fator determinante do conteúdo de energia digestível das plantas forrageiras (Nussio et al., 2000).

No sentido de melhorar o valor nutritivo das silagens, vem-se buscando a possibilidade de adicionar, à ensilagem de gramíneas tropicais, ingredientes absorventes, que atuem no sentido de melhorar as características fermentativas, principalmente, no aumento do teor de MS e no incremento do valor nutritivo.

Aguiar (2004) avaliando a composição de silagem de capim-elefante com inclusão, em níveis crescentes, de bagaço de mandioca (5; 10; 15 e 20%), observou que os tratamentos foram eficientes na melhoria do teor de MS, sendo que, ao aumentar o nível de inclusão de

bagaço, o teor de MS variou de 25,1 a 33,1%, enquanto a FDN e a FDA apresentaram diminuição bastante acentuada de seus teores.

Em trabalho conduzido por Neiva et al. (2001) registraram-se que a inclusão de bagaço de caju (0; 12; 24; 36 e 48% MN) na ensilagem de capim-elefante contendo 25,6% de MS proporcionou melhora no valor nutritivo das silagens, com elevação de 63% no teor de PB e redução de quatro unidades percentuais na FDN com adição de 36% de bagaço de caju.

2.6 Fracionamento de carboidratos e proteína

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 sofrer escape da fermentação no rúmen, sendo absorvidos nos demais compartimentos do trato digestório, sendo que a fermentação ruminal e a digestão pós-ruminal dependem da concentração total de carboidratos e proteínas potencialmente digestíveis da dieta.

Nos sistemas usuais de produção animal, os ruminantes obtêm a maioria dos nutrientes a partir de volumosos, salientando a necessidade de utilização de modelos mecanicistas para descrever a relação entre a composição bromatológica dos alimentos consumidos e a predição do desempenho animal (Fox et al., 1992) a partir da ação dos microrganismos ruminais e, portanto, para sua adequada caracterização, os nutrientes devem ser fracionados (Sniffen et al., 1992).

De acordo com o Sistema de Cornell (CNCPS – Cornell Net Carbohydrate and Protein System), os alimentos são subdivididos em decorrência de suas características químicas e físicas, de degradação ruminal e digestibilidade pós-rúmen, visando minimizar as perdas de nutrientes, gerando informações que podem ser utilizadas para estimar o valor nutricional, o consumo e o desempenho animal (Fox et al., 1992; Sniffen et al., 1992).

Os carboidratos constituem-se na principal fonte de energia para os ruminantes, sendo que seu aproveitamento é feito após o desdobramento em ácidos graxos voláteis e outros ácidos, pelo processo de fermentação no rúmen (Brennecke, 2007).

Os carboidratos podem ser classificados, de acordo com a taxa de degradação, em fração “A”, caracterizada por apresentar rápida degradação (açúcares simples e seus conjugados); fração “B1”, representada por carboidratos que apresentam valores de cinética de degradação intermediária (amido, frutanas, galactanas e pectina); fração “B2”, conhecida como fibra disponível, apresentando degradação lenta (celulose e hemicelulose); e fração “C”, não degradável (parede celular indisponível). Essas frações são computadas, no alimento, como carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos fibrosos (CF) e fibra indigestível (C) (Sniffen et al., 1992).

A proteína é dividida em frações A, B1, B2, B3 e C. A fração “A” representa a fração da proteína que é instantaneamente solubilizada no rúmen, sendo constituída de nitrogênio não protéico (NNP). A fração “B” representa a proteína verdadeira potencialmente degradável, sendo dividida em três subfrações, baseada na velocidade de degradação ruminal. A fração “B1” é a fração da proteína bruta do alimento que é rapidamente degradável no rúmen, “B2” com taxa de degradação intermediária, “B3” é a proteína associada à parede celular e de degradação lenta e, por fim, a fração “C”, que é composta de proteínas insolúveis em detergente ácido, ou seja, que não é digerível no rúmen e intestino (Sniffen et al., 1992).

Ao determinar as frações dos carboidratos de alguns alimentos para ruminantes, Malafaia et al. (1998) verificaram, para o capim-elefante contendo 82,7% de carboidratos totais, proporções de 9,9; 69,3 e 20,8% das frações “A + B1”; “B2” e “C” como porcentagem dos carboidratos totais, respectivamente.

Carvalho et al. (2007), trabalhando com silagem de capim-elefante (20,1% de MS) aditivada com diferentes doses de farelo de cacau (0, 7, 14, 21 e 28% de adição), constataram redução linear do teor de carboidratos totais, com diminuição de 0,22 unidade percentual para cada unidade de farelo de cacau adicionada.

Avaliando as frações protéicas de vários alimentos tropicais, Cabral et al. (2000) encontraram, para o capim-Tifton 85 (30 cm de altura), contendo 14,7% de PB, 12,4; 9,2; 29,4; 40,8 e 83,3%, respectivamente, para as frações “A”, “B1”, “B2”, “B3” e “C”, como porcentagem da PB.

Assim, a caracterização das frações que constituem os carboidratos e proteínas dos alimentos representa um importante instrumento para adequação de dietas que visem a maximização do desenvolvimento microbiano ruminal e, por consequência, a melhor predição do desempenho animal, por proporcionarem o melhor entendimento do sincronismo da fermentação de proteínas e carboidratos no rúmen.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Forragicultura e Pastagens da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, na cidade de Itapetinga – BA, entre os meses de março e maio de 2006.

Foi utilizado o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), proveniente de uma capineira já estabelecida e localizada em solo classificado do tipo chernossolo argilúvio, estruturado hipereutrófico, com textura argilosa e relevo ondulado (EMBRAPA, 1999), pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, na cidade de Itapetinga, BA. Foi realizado corte de uniformização, a 10 cm do solo, e adubação anual com 100 kg de N/ha (nitrocálcio), 100 kg de P₂O₅/ha (superfosfato simples) e 60 kg de K₂O/ha (cloreto de potássio).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 3 x 4, sendo adicionados, ao capim-elefante, três aditivos (farelo de mandioca - FM, casca de café - CC e farelo de cacau - FC), em quatro doses (0, 10, 20 e 30% da matéria natural), com cinco repetições.

O teor de MS do FM, da CC e do FC foi 84,5; 87,9 e 86,9%, respectivamente.

Após 40 dias de desenvolvimento, o capim-elefante (CE) foi cortado, manualmente, a 10 cm do solo e picado em partículas de aproximadamente 2 cm, em máquina ensiladeira estacionária. Após homogeneização, foi ensilado, juntamente com os respectivos aditivos, em silos experimentais de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Os silos eram providos de válvula de “Bunsen”, em sua tampa, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação, e possibilitar que as perdas de MS, devidas ao processo fermentativo, fossem quantificadas. No fundo de cada silo, foi colocado 1 kg de areia, separado da forragem por uma tela fina de plástico, tipo sombrite, para captação do efluente proveniente do capim. Foram colocados, em cada silo, 1.800 g de mistura de capim-elefante e aditivo, efetuando-se a compactação da massa ensilada com auxílio de soquetes, obtendo-se massa específica de 600 kg de matéria verde/m³.

Foram pesados silo+tampa+areia seca+tela, antes da ensilagem, e os silos, cheios e tampados, para determinação quantitativa das perdas por gases, da recuperação de matéria seca (RMS) e das perdas por efluente, com base nas diferenças gravimétricas. Após a ensilagem, os silos tiveram suas tampas vedadas, sendo pesados e armazenados sob temperatura ambiente, até a abertura, após 60 dias de armazenamento.

Antes do início do processo de ensilagem, amostras do capim-elefante, do FM, da CC e do FC foram colhidas para análises. A composição bromatológica do capim e dos aditivos (Tabela 1) foi obtida segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) do capim-elefante, do farelo de mandioca, da casca de café e do farelo de cacau

Item	Capim-elefante	Farelo de mandioca	Casca de café	Farelo de cacau
MS	15,9	84,5	87,9	86,9
MO ¹	90,3	98,7	94,4	90,2
MM ¹	9,7	1,3	5,6	9,8
NT ¹	1,1	0,3	1,5	3,0
EE ¹	2,7	0,8	1,1	3,1
FDN ¹	62,4	11,2	63,7	45,5
FDA ¹	40,9	6,9	42,9	32,6
Celulose ¹	34,3	5,5	29,5	16,9
Hemicelulose ¹	21,5	4,2	20,9	12,9
Lignina ¹	5,4	1,6	13,0	14,8
NIDN ²	16,2	37,3	60,8	46,3
NIDA ²	13,5	17,2	38,3	35,8
CT ¹	80,1	96,9	84,3	69,2
CNF ¹	13,4	82,6	19,6	31,9

¹ % da MS.

² % do NT.

As perdas nas silagens, sob a forma de gases e efluente, e a RMS foram quantificadas por diferença de peso, pelas equações adaptadas a partir de Schmidt (2006).

As perdas por gases foram obtidas pela seguinte equação:

$$PG (\%MS) = [(PsChf - PsCha)/(MVFE \times MSFE)] \times 100$$

em que:

PG – perdas por gases;

PsChf – peso do silo cheio no fechamento da silagem (kg);

PsCha – peso do silo cheio na abertura (kg);

MVFE – matéria verde da forragem ensilada (kg);

MSFE – matéria seca da forragem ensilada (%).

A produção de efluente foi calculada pela equação a seguir, baseada na diferença de peso da areia colocada no fundo do silo por ocasião do fechamento e abertura dos silos:

$$PE = [(PVf - Ts) - (PVi - Ts)]/MFi \times 100$$

em que:

PE – perdas por efluente;

PVf – peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg);

Ts – tara do silo;

PVi – peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg);

MFi – massa de forragem no fechamento (kg).

A seguinte equação foi utilizada para estimar a RMS:

$$RMS = (MFf \times MSf)/(MFi \times MSi) \times 100$$

em que:

RMS – taxa de recuperação de matéria seca (%);

MFf – massa de forragem na abertura (kg);

MSf – teor de matéria seca da forragem na abertura (%MS);

MFi – massa de forragem no fechamento (kg);

MSi – teor de matéria seca da forragem no fechamento (%MS).

Amostras das silagens *in natura* foram processadas em liquidificador e filtradas em gaze para extração do suco, o qual foi utilizado, imediatamente, para determinação do valor de pH, em potenciômetro digital, e do teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT), segundo metodologia descrita por Licitra et al. (1996).

Após a abertura dos silos, foram colhidas amostras, que foram submetidas à pré-secagem, por 72 horas, em estufa de ventilação forçada regulada a 55°C e, em seguida, foram moídas em moinho de facas tipo Wiley, para posterior determinação do teor de MS.

Em seguida, foram submetidas às análises de nitrogênio total (NT), para determinação do teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente

neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), segundo metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

As análises de determinação dos teores de FDN e FDA foram feitas com a utilização de autoclave, seguindo método descrito por Pell & Schofield (1993).

A partir da composição química das silagens, foram estimados os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo Weiss et al. (1992), com modificações sugeridas pelo NRC (2001):

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

Sendo:

- $\text{CNFD} = 0,98 \{100 - [(\text{FDN} - \text{PBFDN})^1 + \text{PB} + \text{EE} + \text{CIN}]\} \times \text{FAP}$
- $\text{PBD} = \text{PB} [- 1,2 \times (\text{PBFDA}/\text{PB})]$
- $\text{AGD} = \text{AG} = \text{EE} - 1$ (se $\text{EE} < 1$, $\text{AG} = 0$)
- $\text{FDND} = 0,75 \times [(\text{FDN} - \text{PBFDN})^1 - \text{LIG} \times \{1 - [\text{LIG}/(\text{FDN} - \text{FDNPB})^1]\} \times$

0,667

¹ se a FDN for determinada adicionando sulfito de sódio, não subtrair a PBFDN

- CNFD – carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis
- PBD – proteína bruta verdadeiramente digestível
- AGD – ácidos graxos verdadeiramente digestíveis
- FDND – FDN verdadeiramente digestível
- PBFDN – proteína bruta ligada à FDN
- FAP – fator de ajuste de processamento, nesse caso igual a 1
- PBFDA – proteína bruta ligada à FDA
- LIG – lignina

A fração “A” das proteínas foi determinada após tratamento da amostra com ácido tricloroacético (TCA) a 10%, conforme relatado por Licitra et al. (1996). A fração “B3” foi obtida pela diferença entre os teores de NIDN e NIDA, enquanto a proteína verdadeira, frações “B1 + B2”, foi obtida pela diferença entre a fração “A” e o teor de NIDN. A fração “C” foi considerada como NIDA.

A porcentagem de carboidratos totais (CT) foi obtida pela equação proposta por Sniffen et al. (1992): $\text{CT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{cinza})$. Os carboidratos fibrosos (CF) foram obtidos a partir da FDN corrigida para cinzas e proteínas (FDN_{cp}); os carboidratos não-fibrosos (CNF), ou seja, frações “A+B1”, pela diferença entre os CT e a FDN_{cp} (Hall, 2003); e a fração “C” pela FDN indigestível após 240 horas de incubação *in situ*, descrita por Casali et al. (2008).

A fração “B2”, correspondente à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração “C”.

Os resultados foram interpretados por meio de análise de variância, considerando como fontes de variação o uso de aditivos, suas doses de inclusão e a interação entre esses fatores, sendo a interação desdobrada, ou não, de acordo com a sua significância. O efeito da adição das doses foi avaliado por análise de regressão, tomando como base o valor do coeficiente de determinação. Para efeito de aditivo, foi realizado o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de teores de MS, produção de efluente, perdas por gases, teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT), valores de pH e recuperação de matéria seca (RMS) das silagens contendo diferentes doses de FM, CC e FC, suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação estão apresentados na Tabela 2.

Detectou-se efeito ($P < 0,05$) de interação entre os aditivos e as doses de inclusão sobre o teor de MS, tendo sido constatado efeito linear crescente ($P < 0,05$) para todos os aditivos, sendo que o teor de MS elevou-se conforme as doses de aditivos aumentaram. Foram estimados aumentos do teor de MS nas silagens de 0,52; 0,55 e 0,63 unidades percentuais para cada unidade de FM, CC e FC adicionada, respectivamente. A elevação do teor de MS das silagens com a inclusão de FM, CC e FC deve-se ao alto teor de MS dos aditivos (84,5; 87,9 e 86,9%, respectivamente), e sua boa capacidade de retenção de umidade, sendo que a silagem sem aditivos apresentou teor de MS próximo ao do capim-elefante no momento da ensilagem.

Trabalhando com capim-elefante, contendo 18,7% de MS, emurchecido ou acrescido de FM (2; 4; 8 e 12%), Ferrari Jr. & Lavezzo (2001) verificaram incremento de 0,45% de MS para cada unidade de farelo adicionada.

Incremento do teor de MS também foi observado por Souza et al. (2003), que adicionaram 0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% de CC ao capim-elefante contendo 14,4% de MS. Esses autores verificaram acréscimo de 0,54% de MS para cada unidade percentual de casca adicionada, efeito próximo ao verificado neste experimento, que foi de 0,55 unidade percentual. Bernardino et al. (2005) também verificaram efeito da inclusão de CC sobre o teor de MS da silagem de capim-elefante (12,4% MS) aditivada com 10, 20, 30 e 40% de CC, estimando acréscimo de 0,69 unidade percentual no teor de MS com a inclusão de cada unidade deste aditivo.

A dose de 30% de FC provocou maior incremento do teor de MS (37,6%) das silagens de capim-elefante, seguida pela adição de 20% de CC (32,2%), confirmando os resultados encontrados por Carvalho et al. (2007a), que, utilizando FC (0, 7, 14, 21 e 28%) como aditivo absorvente na ensilagem de capim-elefante contendo 20% de MS, observaram acréscimo do teor de MS da silagem de 0,74% por unidade de FC adicionado, caracterizando, assim, este resíduo vegetal como excelente aditivo na absorção de umidade.

Embora o teor de MS do capim-elefante ensilado sem presença de aditivos (18,7%) encontre-se abaixo da faixa ideal (25 a 35%) para garantir que o alimento seja bem conservado (Muck, 1988), a adição de CC e de FC na dose de 30% resultou em aumento de 18,7% para 34,7 e 37,6%, respectivamente, nos teores de MS das silagens.

Tabela 2 - Teores médios de matéria seca (MS), produção de efluente, perdas por gases, teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), valores de pH e recuperação de matéria seca (RMS) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)

Aditivo	Dose (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
MS (%)							
FM	18,7	23,3 ^a	27,7 ^b	34,8 ^b	28,6	$\hat{Y} = 18,23 + 0,5273*FM$	0,98
CC	18,7	25,0 ^a	32,2 ^a	34,7 ^b	30,6	$\hat{Y} = 19,38 + 0,5512*CC$	0,97
FC	18,7	22,9 ^a	29,7 ^b	37,6 ^a	30,1	$\hat{Y} = 17,74 + 0,6325*FC$	0,98
Média	18,7	23,7	29,8	35,7	27,0		
CV (%)	5,7						
Efluente (kg/ton MV)							
FM	145,9	55,3 ^b	6,0 ^b	4,8 ^a	22,0	$\hat{Y} = 146,23 - 11,43*FM + 0,2234*FM^2$	0,99
CC	145,9	128,4 ^a	47,0 ^a	5,2 ^a	60,2	$\hat{Y} = 151,04 - 3,2105*CC + 0,0607*CC^2$	0,96
FC	145,9	7,9 ^c	2,2 ^b	1,5 ^a	3,8	$\hat{Y} = 139,51 - 14,689*FC + 0,3434*FC^2$	0,94
Média	145,9	63,8	18,4	2,8	58,0		
CV (%)	8,6						
Gases (% MS)							
FM	6,1	5,1	6,3	6,7	6,1 ^a		
CC	6,1	3,5	2,7	2,9	3,0 ^b		
FC	6,1	3,2	2,9	2,4	2,8 ^b		
Média	6,1	3,9	4,0	4,0	4,5	$\hat{Y} = 5,9345 - 0,2221*X + 0,0054*X^2$	0,92
CV (%)	43,5						
N-NH ₃ (% NT)							
FM	0,39	0,31	0,33	0,35	0,33 ^a		
CC	0,39	0,31	0,24	0,25	0,27 ^b		
FC	0,39	0,16	0,18	0,17	0,17 ^c		
Média	0,39	0,26	0,25	0,26	0,29	$\hat{Y} = 0,3821 - 0,0144*X + 0,0003*X^2$	0,96
CV (%)	19,4						
pH							
FM	4,2	3,8	3,8	3,8	3,8 ^c		
CC	4,2	4,2	4,1	4,2	4,2 ^a		
FC	4,2	4,0	4,1	4,1	4,1 ^b		
Média	4,2	4,0	4,0	4,0	4,1	$\hat{Y} = 4,2674 - 0,0318*X + 0,0008*X^2$	0,92
CV (%)	2,0						
RMS (%)							
FM	92,1	99,8	93,4	97,2	96,8 ^a		
CC	92,1	91,7	97,4	93,4	94,3 ^a		
FC	92,1	92,2	99,8	98,3	96,8 ^a		
Média	92,1	94,5	96,9	96,3	95,0	$\hat{Y} = 92,739 + 0,1497*X$	0,80
CV (%)	7,2						

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

*P (<0,05); CV – coeficiente de variação.

Para a produção de efluente, foi detectado efeito ($P < 0,05$) de interação entre os aditivos e as doses utilizadas, sendo que o FC mostrou-se mais eficiente em reduzir este tipo de perda. A inclusão de doses de 14,23% deste aditivo demonstrou-se suficiente para zerar a produção de efluente, enquanto foram necessários 25,63 e 30% de inclusão de FM e CC, respectivamente, para reduzir, a valores mínimos, estas perdas, conforme pode ser observado na Figura 1.

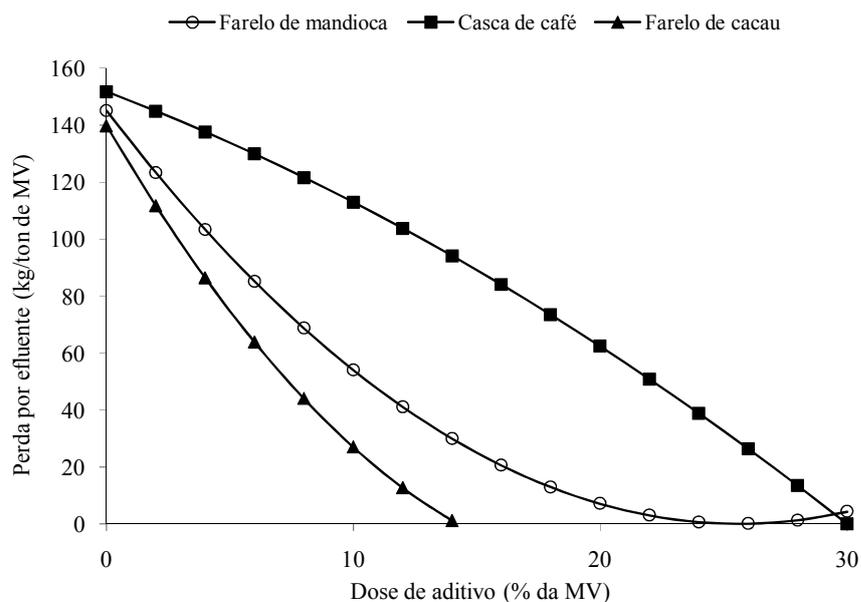


Figura 1 - Produção de efluente das silagens de capim-elefante contendo diferentes doses de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC).

A utilização de aditivos absorventes de umidade proporcionou a diminuição da produção de efluente, neste trabalho, o que condiz com os resultados obtidos por Aguiar et al. (2001), que incluíram três níveis crescentes de polpa cítrica peletizada (0, 5 e 10%) na massa ensilada de capim-tanzânia, e constataram diminuição da produção de efluente. Nesse mesmo sentido, Jones & Jones (1996) e Fransen & Strubi (1998) também mencionaram o efeito da menor produção de efluente pela inclusão de aditivos absorventes, que promoveram a elevação do teor de MS.

Entretanto, segundo Balsalobre et al. (2001) e Jones & Jones (1995), outros fatores devem ser considerados na avaliação de produção de efluente, podendo-se destacar características como tipo e dimensionamento do silo, determinação da massa específica e homogeneidade de aplicação dos aditivos.

O efeito do teor de umidade na produção de efluente é amplamente citado na literatura, pelo fato da produção de efluente ser inversamente proporcional ao teor de MS da

forragem ensilada (Loures et al., 2003), sendo que diversos autores estudaram esses fatores e obtiveram diminuição da produção à medida que o teor de MS aumentou (Fransen & Strubi, 1998; Haigh, 1999; Igarasi, 2002). Utilizando CC para diminuir a produção de efluente em silagem de capim-elefante com alta umidade (12,4% de MS), Bernardino et al. (2005) concluíram que proporções acima de 20% foram suficientes para eliminar totalmente a produção de efluente.

A redução da produção de efluente é um resultado da elevação do teor de MS das silagens em função da inclusão do FM, da CC e do FC, sendo válido lembrar que a redução das perdas por efluente representa minimização das perdas de nutrientes por percolação junto ao efluente produzido durante a ensilagem.

A análise estatística dos dados de perdas por gases não detectou efeito ($P>0,05$) de interação entre aditivo e dose, podendo ser observados os valores médios de perdas por gases, sendo quantificadas em porcentagem da MS (Tabela 2).

Os resultados apresentados mostram que a CC e o FC foram mais eficientes em diminuir tais perdas e que o FM proporcionou maiores perdas de gases. Houve maior perda de MS no tratamento sem adição de aditivos (6,1% da MS), que, em condições de excesso de umidade, pode ser atribuída à maior incidência de fermentações indesejáveis pelas bactérias heterofermentativas, principalmente a fermentação butírica, promovida por bactérias do gênero *Clostridium* sp. (McDonald, 1981).

A equação de regressão demonstrou efeito quadrático ($P<0,05$) da adição de doses crescentes dos aditivos sobre produção de gases, estimando perdas mínimas de 3,7% de MS para a dose de 20,6% de aditivo. A redução das perdas por gases deve-se, provavelmente, à redução de microrganismos produtores de gás, como as enterobactérias e bactérias clostrídicas, que se desenvolvem em silagens mal conservadas (Pereira & Santos, 2006). A inclusão dos aditivos, por fornecer carboidratos solúveis e aumentar o teor de MS, pode ter resultado em estímulo da fermentação láctica, que, segundo McDonald (1981), resulta em mínimas perdas de MS nas silagens.

Conforme pode ser observado na Tabela 2, não foi verificado efeito ($P>0,05$) dos diferentes aditivos e suas doses de inclusão sobre os teores de nitrogênio amoniacal em porcentagem do nitrogênio total ($N-NH_3/NT$)

A equação de regressão apresentou efeito quadrático ($P<0,05$) das doses dos aditivos adicionados ao capim-elefante no momento da ensilagem, estimando teor mínimo de $N-NH_3/NT$ de 0,21% para dose de 24% de aditivo.

A adição de FC proporcionou o menor teor de $N-NH_3/NT$ (0,17%), quando comparado ao FM e à CC (0,33 e 0,27%, respectivamente). Resultados semelhantes quanto aos teores de $N-NH_3/NT$ foram relatados por Teixeira et al. (2005), que, estudando os efeitos da adição de FC durante a ensilagem de capim-elefante contendo 18,9% de MS, obtiveram redução

dos teores de N-NH₃ (1,6; 1,7; 1,2 e 0,6%) conforme aumentaram as doses do aditivo (0; 5,8; 10 e 16% peso/peso).

Segundo Evangelista et al. (2004), os teores de N-NH₃, juntamente com os valores de pH, podem sugerir a forma como se processou a fermentação. Conforme observado na Tabela 2, os teores de N-NH₃ oscilaram entre 0,16 e 0,35 do NT, para os aditivos utilizados. Esses valores são baixos, além de se apresentarem dentro de uma faixa considerada desejável, indicando que, durante o processo fermentativo, houve reduzida degradação da PB, com preservação das proteínas e compostos nitrogenados. Conforme Muck (1988), as silagens que apresentam valores de N-NH₃ até 10% do NT são consideradas de boa qualidade.

Não foi detectado efeito de interação ($P>0,05$) entre os aditivos e as doses de inclusão sobre a variável pH.

O comportamento dos valores de pH das silagens é apresentado na Figura 2. Verificou-se efeito quadrático ($P<0,05$) das doses dos aditivos, estimando-se valor mínimo de pH igual a 3,75 para a dose de 19,8% deste aditivo, segundo equação de regressão.

A silagem sem adição de aditivos apresentou valor de pH mais elevado (4,2) que os demais tratamentos (10, 20 e 30% de aditivos), porém, encontram-se dentro da faixa considerada como ótima (3,8 – 4,2) para fermentação adequada, indicando possível inibição de microrganismos responsáveis pela fermentação secundária (McDonald, 1981). As silagens aditivadas com FM apresentaram pH de 3,8, sendo indicativo da ocorrência de fermentação satisfatória.

Souza et al. (2003) também observaram efeito dos níveis de inclusão de CC (0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% MN) sobre o pH de silagens de capim-elefante (14,5% MS), estimando valor mínimo de 3,8 para a dose de 26,87% de CC, enquanto Pinto et al. (2004), trabalhando com inclusão de 0, 5, 10 e 15% de polpa cítrica peletizada na ensilagem de capim-aruana em diferentes idades de crescimento (40, 80 e 120 dias), não encontraram efeito da inclusão da polpa sobre o pH das silagens, com valores médios permanecendo próximos a 4,0.

Embora o valor de pH da silagem não seja considerado, isoladamente, um bom indicador para avaliação das fermentações (Bernardino et al., 2005), pode-se sugerir que as silagens com 10, 20 e 30% de aditivos vegetais (FM, CC e FC) apresentaram bom padrão de conservação e valores de pH final entre 3,8 e 4,2.

Os resultados apresentados para RMS mostram que não houve efeito ($P>0,05$) de interação entre os aditivos e as doses utilizadas, sendo suas médias estatisticamente similares. A inclusão dos aditivos proporcionou aumento linear crescente da RMS, estimando-se acréscimo de 0,15 unidade percentual para cada unidade de aditivo adicionado ao capim-elefante no momento da ensilagem.

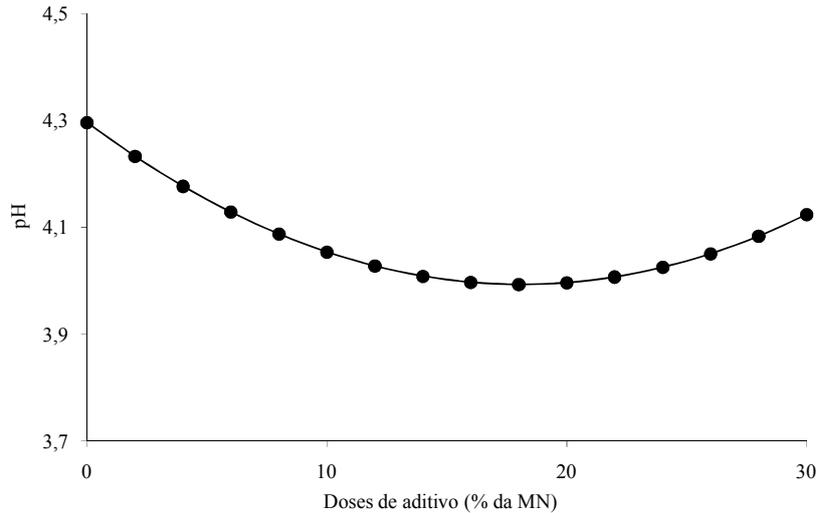


Figura 2 - Valores de pH das silagens de capim-elefante contendo diferentes doses de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC).

Em geral, a adição de doses crescentes de FM, CC e FC à forragem elevou a RMS, em comparação ao tratamento contendo forragem com a umidade original (0% de aditivo). O benefício causado pelos aditivos pode ser verificado através da redução de perdas na forma de gases e de efluente, assim como da menor ocorrência de fermentações indesejáveis, traduzidas pelos menores valores de pH e N-NH₃, conforme apresentado na Tabela 2. Zanine et al. (2006) também não encontraram diferença na taxa de RMS de silagens de capim-elefante adicionadas de farelo de trigo (0, 15 e 30%).

Os teores de matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens aditivadas com diferentes doses de FM, CC e FC estão apresentados na Tabela 3.

Observa-se efeito ($P < 0,05$) de interação entre os aditivos e as doses de inclusão sobre os teores de MO das silagens de capim-elefante aditivadas com FM, CC e FC.

O tratamento com adição de FM foi superior aos tratamentos com adição de CC e FC, que apresentaram valores semelhantes. Para as doses deste aditivo, pode-se observar que houve efeito linear crescente ($P < 0,05$), com acréscimo de 0,18 unidade percentual no teor de MO para cada unidade de FM adicionada ao capim-elefante, enquanto a adição da CC apresentou efeito ($P > 0,05$) quadrático, estimando teor máximo de 90,7% de MO, com a dose de inclusão de 19,5% deste aditivo. Para a inclusão de FC, pode-se verificar que também ocorreu efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando-se teor mínimo de 89,9% de MO para a adição de 7,8% do farelo no momento da ensilagem.

Tabela 3 - Teores médios de matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)

Aditivo	Dose (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
MO (% MS)							
FM	90,0	92,0 ^a	93,8 ^a	95,4 ^a	93,7	$\hat{Y} = 90,106 + 0,1787*FM$	0,99
CC	90,0	90,5 ^b	90,8 ^b	90,5 ^b	90,6	$\hat{Y} = 89,984 + 0,078*CC - 0,002*CC^2$	0,99
FC	90,0	89,9 ^b	90,1 ^b	90,7 ^b	90,3	$\hat{Y} = 90,0 - 0,0267*FC + 0,0017*FC^2$	0,99
Média	90,0	90,8	91,6	92,2	91,1		
CV (%)	0,5						
MM (% MS)							
FM	10,0	8,0 ^b	6,2 ^b	4,6 ^b	6,3	$\hat{Y} = 10,01 - 0,21*FM + 0,0011*FM^2$	0,99
CC	10,0	9,5 ^a	9,2 ^a	9,5 ^a	9,4	$\hat{Y} = 10,016 - 0,078*CC + 0,002*CC^2$	0,99
FC	10,0	10,1 ^a	9,9 ^a	9,3 ^a	9,7	$\hat{Y} = 9,99 + 0,0267*FC - 0,0017*FC^2$	0,99
Média	10,0	9,2	8,4	7,8	8,9		
CV (%)	5,2						
EE (% MS)							
FM	4,8	5,1	4,3	3,6	4,3 ^b		
CC	4,8	4,6	4,5	3,9	4,3 ^b		
FC	4,8	5,3	5,5	6,0	5,6 ^a		
Média	4,8	5,0	4,8	4,5	4,8	$\hat{Y} = 4,8057 + 0,0244*X - 0,0012*X^2$	0,96
CV (%)	16,8						
NDT (%)							
FM	63,0	72,6 ^a	77,0 ^a	79,7 ^a	76,4	$\hat{Y} = 64,913 + 0,5445*FM$	0,92
CC	63,0	60,0 ^b	55,4 ^b	52,4 ^c	55,9	$\hat{Y} = 63,167 - 0,3655*CC$	0,99
FC	63,0	58,9 ^b	57,4 ^b	57,4 ^b	57,9	$\hat{Y} = 61,96 - 0,1848*FC$	0,80
Média	63,0	63,8	63,3	63,1	63,3		
CV (%)	3,1						

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

*P ($< 0,05$); CV – coeficiente de variação.

Não foi verificado efeito de interação entre os aditivos e as doses de inclusão ($P < 0,05$) sobre os teores de extrato etéreo (EE) das silagens de capim-elefante contendo FM, CC e FC. As silagens aditivadas com FC apresentaram maiores teores de EE (5,6%), enquanto a adição de FM e CC proporcionou teores semelhantes.

O estudo de regressão apresentou comportamento quadrático das doses de aditivo, estimando teor máximo de 4,9% de EE para a dose de inclusão de 10,2% de aditivo.

O aumento da inclusão de FM e CC à ensilagem ocasionou redução do teor de EE, quando comparados ao FC, o que pode ser explicado pelo menor teor dessa fração no FM e na CC (Tabela 1). Ferrari Jr. & Lavezzo (2001), que estudaram a inclusão do FM (0, 2, 4, 8 e 12% na MN) durante a ensilagem de capim-elefante, observaram redução de 0,04 unidade percentual no teor de EE da silagem com o aumento das doses de adição, resultado semelhante ao encontrado por Batista et al. (2006), que obtiveram redução linear de 0,011 unidade percentual para cada unidade de vagem de algaroba adicionada à ensilagem de capim-elefante.

O aumento do teor de EE nas silagens com a inclusão do FC pode ser justificado tomando como base o teor de EE do FC (3,1%, Tabela 1), já que o capim-elefante apresentou teor mais baixo desta fração (2,7%).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens apresentou efeito ($P<0,05$) de interação entre os aditivos e as doses utilizadas. Observou-se aumento linear ($P<0,05$) do NDT em função das doses de FM, estimando-se acréscimo de 0,54 unidade percentual no valor de NDT por unidade de FM adicionada, enquanto a CC e o FC apresentaram efeito linear decrescente ($P<0,05$), com redução de 0,36 e 0,18 unidades percentuais por unidade de CC e FC adicionada, respectivamente.

Este comportamento observado para o NDT, em função das doses de inclusão da CC e do FC, deve-se aos elevados teores de NIDA e lignina presentes nos aditivos (Tabela 1), pois, na estimativa do teor de NDT das silagens, calculada a partir da equação proposta por Weiss et al. (1992) e adaptada pelo NRC (2001), são consideradas a PB verdadeiramente digestível, a qual é calculada a partir da fração de NIDA, e a FDN verdadeiramente digestível, que, dentre outras frações, leva em consideração o teor de lignina da forragem, afetando negativamente os valores de NDT estimados para as silagens.

O tratamento com adição de FM apresentou resultados de NDT superiores aos demais tratamentos (CC e FC). Quando comparado o tratamento sem inclusão de aditivo com o tratamento com adição de FM, no primeiro houve maior teor de N-NH₃, maiores perdas por gases e maior produção de efluente, o que caracteriza a ocorrência de fermentação secundária e maiores perdas físicas na ensilagem, o que provavelmente poderia justificar seu menor teor de NDT.

Rocha Jr. et al. (2003), ao avaliarem a eficiência das equações propostas pelo NRC (2001) para avaliação energética de alimentos, compararam os valores preditos pelas equações e observados em um experimento com ovinos a uma coletânea de valores de NDT obtidos na literatura nacional a partir de experimentos *in vivo* e concluíram que as equações propostas pelo NRC foram eficientes para estimar o valor energético dos alimentos nas condições brasileiras.

Costa et al. (2005) estimaram valores preditos de NDT para a silagem de capim-elefante de 42,4%, sendo este valor muito abaixo do valor estimado no presente trabalho, que foi de 63% (Tabela 3). Esse fato pode ser atribuído aos teores de NIDA e de lignina da silagem

apresentarem-se mais altos (17,8 e 10,2%, respectivamente) naquele estudo, do que os teores encontrados no presente trabalho, que foram de 11,8% para o NIDA e de 5,3% para a lignina (Tabela 3), fato este que afeta diretamente os cálculos de predição das equações propostas pelo NRC (2001).

Na Tabela 4, estão apresentados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina das silagens aditivadas com doses crescentes de FM, CC e FC.

Observou-se interação ($P < 0,05$) entre os aditivos e as doses de inclusão sobre os teores de FDN das silagens de capim-elefante aditivadas com FM, CC e FC. As estimativas da análise de regressão podem ser observadas na Figura 3.

Para os valores obtidos para a FDN, foi observado comportamento linear decrescente ($P < 0,05$) das doses de inclusão de FM, estimando-se decréscimo de 1,23 unidades percentuais para cada unidade de FM adicionada ao capim-elefante. Essa redução acentuada pode ser explicada pelo efeito de diluição, causado, provavelmente, pelo fato do FM apresentar baixo teor de FDN, quando comparado ao capim-elefante.

A adição de CC não influenciou ($P > 0,05$) o teor de FDN das silagens, estimando-se valor médio de 65% de FDN. A semelhança nos teores desta fração pode ser atribuída à CC apresentar, em sua composição, valores muito próximos aos encontrados para o capim-elefante (Tabela 1). Contrariamente a esses resultados, Carvalho et al. (2007a) observaram redução de 0,18 unidade percentual nos teores de FDN, conforme aumentaram-se as doses de CC (0; 6; 12; 18 e 24%) na ensilagem de capim-elefante.

O teor de FDN das silagens apresentou decréscimo linear ($P < 0,05$) em função das doses crescentes de FC, verificando-se redução de 0,4 unidade percentual nos teores de FDN para cada unidade de farelo adicionada, possivelmente em razão do menor teor de FDN do FC, em comparação ao capim-elefante no momento da ensilagem. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2007b), que também observaram redução de 0,52 unidade percentual nos valores de FDN para silagens aditivadas com doses crescentes de FC (0; 7; 14; 21 e 28%).

O FM foi o responsável pelos menores teores de FDN nas silagens, enquanto as doses de CC, mesmo que em valores médios, foram responsáveis pelo aumento mais significativo desta fração nas silagens de capim-elefante.

Tabela 4 - Teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)

Aditivo	Dose (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
FDN (% MS)							
FM	65,1	46,0 ^c	33,0 ^c	28,3 ^c	35,8	$\hat{Y} = 61,587 - 1,2326*FM$	0,93
CC	65,1	64,5 ^a	66,6 ^a	64,7 ^a	65,3	$\hat{Y} = \square = 65,3$	-
FC	65,1	57,5 ^b	52,9 ^b	52,3 ^b	54,2	$\hat{Y} = 63,398 - 0,431*FC$	0,88
Média	65,1	56,0	50,8	48,4	55,1		
CV (%)	4,6						
FDA (% MS)							
FM	42,1	30,0 ^b	22,5 ^c	17,1 ^c	23,2	$\hat{Y} = 40,344 - 0,8274*FM$	0,96
CC	42,1	44,0 ^a	47,1 ^a	50,1 ^a	47,1	$\hat{Y} = 41,767 + 0,2704*CC$	0,98
FC	42,1	39,4 ^a	38,7 ^b	40,5 ^b	39,6	$\hat{Y} = 42,147 - 0,393*FC + 0,0113*FC^2$	0,99
Média	42,1	37,8	36,1	35,9	38,0		
CV (%)	12,0						
Celulose (% MS)							
FM	34,5	25,5 ^b	19,0 ^c	15,0 ^c	19,8	$\hat{Y} = 33,779 - 0,6722*FM$	0,96
CC	34,5	34,5 ^a	34,4 ^a	34,6 ^a	34,5	$\hat{Y} = \square = 34,5$	-
FC	34,5	28,3 ^b	26,6 ^b	26,4 ^b	27,1	$\hat{Y} = 34,35 - 0,7078*FC + 0,015*FC^2$	0,98
Média	34,5	29,5	26,7	25,3	29,2		
CV (%)	11,4						
Hemicelulose (% MS)							
FM	22,9	15,9	10,5	11,3	12,6 ^b		
CC	22,9	20,5	19,6	14,6	18,2 ^a		
FC	22,9	18,1	14,2	11,7	14,6 ^b		
Média	22,9	18,2	14,7	12,5	17,1	$\hat{Y} = 22,31 - 0,3475*X$	0,97
CV (%)	23,1						
Lignina (% MS)							
FM	5,3	3,3 ^b	2,7 ^b	2,1 ^b	2,7	$\hat{Y} = 4,8873 - 0,1017*FM$	0,89
CC	5,3	8,1 ^a	11,4 ^a	13,5 ^a	11,0	$\hat{Y} = 5,3956 + 0,2797*CC$	0,99
FC	5,3	10,0 ^a	12,4 ^a	13,5 ^a	12,0	$\hat{Y} = 6,2582 + 0,2709*FC$	0,91
Média	5,3	7,1	8,9	9,7	7,8		
CV (%)	17,1						

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

*P (<0,05); CV – coeficiente de variação.

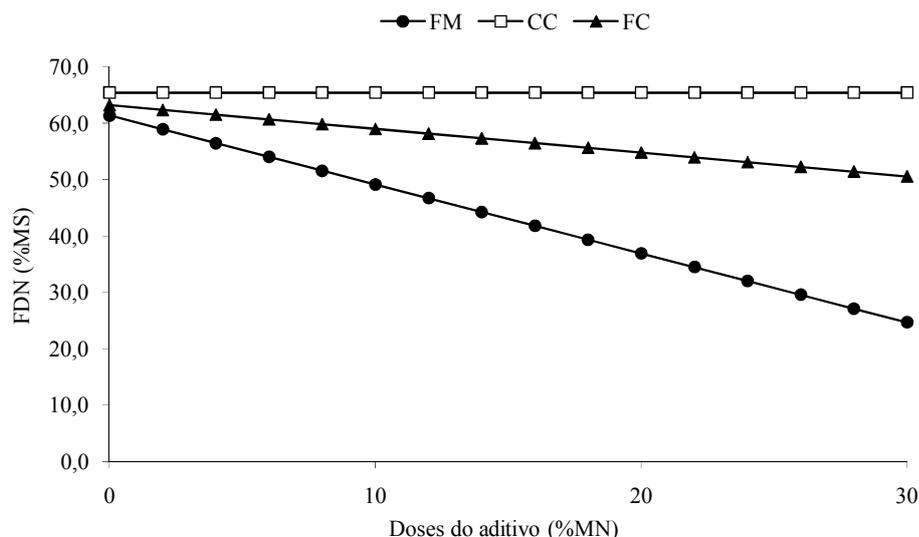


Figura 3 - Teores de fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante contendo diferentes doses de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC).

Zanine et al. (2006), estudando a adição de 0, 15 e 30% de farelo de trigo na ensilagem de capim-elefante contendo 20,4% de MS, verificaram que o teor de FDN reduziu de 62,9 para 43,7% para o nível de 30% de inclusão.

Comparando-se o teor de FDN do capim no momento da ensilagem com os das silagens sem aditivos, observaram-se valores de 62,4 e 65,1%, respectivamente. McDonald (1981) explica tal fato pela perda de componentes solúveis da MS, causando aumento da concentração da fração fibrosa da silagem.

Quanto aos teores de FDA das silagens de capim-elefante aditivadas com diferentes doses de FM, CC e FC, foi observado efeito ($P < 0,05$) de interação entre os aditivos e as doses de inclusão.

A análise de regressão indicou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) das doses de FM sobre o teor de FDA das silagens, estimando-se redução de 0,83 unidade percentual nos teores de FDA para cada unidade de FM adicionada ao capim-elefante no momento da ensilagem. O FM apresentou teor de FDA 34 pontos percentuais menores que o capim-elefante (Tabela 1), o que, possivelmente, contribuiu para a redução deste componente em função das doses de FM, representando um indicativo de qualidade das silagens que receberam este aditivo.

Ferrari Jr. & Lavezzo (2001), trabalhando com capim-elefante (18,7% MS) emurchecido ou acrescido de FM (0; 2; 4; 8 e 12%), notaram tendência de decréscimo do valor de FDA, de 48,3%, nas silagens sem adição de FM, para 41,0%, nas silagens aditivadas com 12% de FM.

O teor de FDA das silagens foi influenciado ($P<0,05$) pela adição de doses crescentes de CC, sendo que a análise de regressão indicou efeito linear crescente, estimando-se acréscimo de 0,27 unidade percentual no teor de FDA para cada unidade da CC adicionada ao capim, enquanto a adição do FC apresentou comportamento quadrático ($P<0,05$), estimando-se teores mínimos de 38,7% para a dose de 17,4% de inclusão deste aditivo no momento da ensilagem. Essa resposta pode estar associada aos teores de FDA do FC (32,6%) e do capim-elefante *in natura* (40,9%) serem maiores, esperando, assim, redução desta fração nas silagens aditivadas.

O acréscimo nos teores de FDA, com a inclusão de doses crescentes de CC, pode-se explicar pelo fato deste aditivo apresentar teor de FDA maior do que o capim-elefante no momento da ensilagem, favorecendo o efeito de adição.

Para celulose, houve efeito ($P<0,05$) de interação entre os aditivos e as doses utilizadas. Utilizando-se doses de 10%, o FM e a FC demonstraram menores teores desta fração (25,5 e 28,3%, respectivamente), enquanto, nas doses de 20 e 30% de inclusão, o FM apresentou o menor teor dentre os três aditivos.

Para a adição de FM, a equação de regressão demonstrou a ocorrência de efeito linear decrescente ($P<0,05$), estimando-se redução de 0,67 unidade percentual de celulose a cada unidade de FM adicionada, enquanto a adição de doses de CC não influenciou ($P>0,05$) os valores da fração celulose, com teor médio observado de 34,5%.

A adição de FC provocou efeito quadrático ($P<0,05$) nos teores de celulose, estimando-se, pela equação de regressão, teor mínimo de 26% para a adição de 23,6% de farelo.

Estes resultados podem ser explicados pela presença de baixos teores desta fração tanto no FM, como na CC e no FC.

Bernardino et al. (2005), avaliando o efeito da adição de 10; 20; 30 e 40% (% MN) de CC ao capim-elefante contendo 12,4% de MS, durante a ensilagem, não observaram efeito sobre o teor de celulose em função das diferentes doses de CC, encontrando valor médio de 38,5%.

A análise estatística dos dados observados para as silagens não revelou efeito de interação entre os aditivos e as doses ($P>0,05$) sobre os teores de hemicelulose. A equação de regressão detectou efeito linear decrescente ($P<0,05$), com redução de 0,35 unidade percentual em função de cada unidade de aditivo adicionada ao capim-elefante no momento da ensilagem. A silagem contendo CC apresentou o valor mais alto desta fração (18,2% da MS) e, para a inclusão de FM e FC, os valores foram semelhantes (12,6 e 14,6%, respectivamente).

A análise estatística dos dados observados para as silagens revelou efeito de interação entre os aditivos e as doses de inclusão ($P<0,05$) sobre o teor de lignina. O FM, em todas as doses de inclusão, apresentou teor mais baixo desta fração.

Observa-se que, para os teores de lignina das silagens, houve a ocorrência de efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para as doses de FM, estimando-se redução de 0,10 unidade percentual da fração por unidade de FM adicionado ao capim no momento da ensilagem. Como o FM continha teor de lignina inferior ao capim-elefante, 3,8 unidades percentuais a menos (Tabela 1), esperava-se que, com a inclusão das doses de FM, ocorresse redução dos teores de lignina, pelo efeito de diluição desta fração.

Os tratamentos com adição de CC e FC apresentaram efeito linear crescente ($P < 0,05$) em função das doses dos aditivos. Para ambos aditivos (CC e FC), foi observado aumento de 0,3 unidade percentual para cada unidade de aditivo utilizada, que pode ser explicado em decorrência do alto teor desta fração nos referidos aditivos, quando comparados ao valor do teor de lignina referente ao capim-elefante no momento da ensilagem. Carvalho et al. (2007b), ao ensilarem capim-elefante com adição de FC (0; 7; 14; 21 e 28% na MN), observaram aumento de 0,35 unidade percentual no teor de lignina, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho.

Bernardino et al. (2005), adicionando 10; 20; 30 e 40% de CC à ensilagem de capim-elefante, também constataram aumento linear dos teores de lignina da silagem de capim-elefante com adição deste aditivo, verificando acréscimo de 0,14 unidade percentual no teor desta fração, para cada unidade de casca adicionada.

Os resultados de nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) estão expressos na Tabela 5.

Na análise do NT, foi verificado efeito ($P < 0,05$) da interação entre os aditivos e as doses de inclusão. Na Figura 4, pode-se observar que a adição de FM reduziu linearmente ($P < 0,05$) os teores de NT das silagens, causando redução de 0,01 unidade percentual no teor de NT, conforme aumentaram-se as doses de inclusão deste aditivo. O FM apresentou teores de NT muito baixos (Tabela 1), o que pode ter favorecido a redução deste nutriente nas silagens aditivadas com doses crescentes, caracterizando, assim, um efeito de diluição.

Ferrari Jr. & Lavezzo (2001) estudaram a adição de FM ao capim-elefante, para a produção de silagem, e observaram resultado semelhante aos deste estudo, estimando redução linear do teor de NT com o aumento das doses de inclusão, sendo que, em ambos os estudos, os teores de NT no FM foram semelhantes (0,3% de NT).

Tabela 5 - Teores médios de nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)

Aditivo	Dose (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
NT (% MS)							
FM	1,0	1,0 ^c	0,9 ^c	0,7 ^c	0,9	$\hat{Y} = 1,0544 - 0,0103*FM$	0,97
CC	1,0	1,2 ^b	1,4 ^b	1,5 ^b	1,4	$\hat{Y} = 1,0415 + 0,0162*CC$	0,97
FC	1,0	1,9 ^a	2,0 ^a	2,2 ^a	2,0	$\hat{Y} = 1,068 + 0,0888*FC - 0,0018*FC^2$	0,97
Média	1,0	1,3	1,4	1,5	1,3		
CV (%)	8,3						
NIDN (% NT)							
FM	18,5	17,2 ^c	22,7 ^c	23,7 ^c	21,2	$\hat{Y} = 17,377 + 0,2106*FM$	0,73
CC	18,5	40,7 ^b	44,3 ^b	46,7 ^b	43,9	$\hat{Y} = 19,391 + 2,365*CC - 0,0495*CC^2$	0,97
FC	18,5	49,4 ^a	50,6 ^a	56,7 ^a	52,2	$\hat{Y} = 20,271 + 3,0158*FC - 0,062*FC^2$	0,93
Média	18,5	35,8	39,2	42,3	34,0		
CV (%)	3,8						
NIDA (% NT)							
FM	11,8	10,4 ^c	8,9 ^c	6,7 ^c	8,7	$\hat{Y} = 11,97 - 0,1677*FM$	0,98
CC	11,8	21,4 ^b	27,8 ^b	28,9 ^b	26,0	$\hat{Y} = 13,818 + 0,5774*CC$	0,90
FC	11,8	25,5 ^a	34,4 ^a	41,6 ^a	33,8	$\hat{Y} = 13,595 + 0,983*FC$	0,98
Média	11,8	19,1	23,7	25,8	20,1		
CV (%)	12,8						

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

* $P < 0,05$; CV – coeficiente de variação.

Para a adição de CC, também foi observado efeito linear ($P < 0,05$), porém, estimando-se aumento de 0,02 unidade percentual no NT para cada unidade de CC adicionada ao capim-elefante no momento da ensilagem, o que pode ser explicado pelo maior teor de NT presente na CC (Tabela 1) em relação ao capim-elefante, causando efeito de adição do nutriente. Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho et al. (2007b), que, ao estudarem a adição de doses crescentes de FC (0, 7; 14; 21 e 28% na MN) na ensilagem de capim-elefante (20% MS), observaram aumento de 0,9 para 1,7% nos teores de NT, nas silagens aditivadas com 28% de FC.

O teor de NT das silagens com FC comportou-se de maneira quadrática ($P < 0,05$) em função das doses deste aditivo, sendo que, para atingir seu valor máximo (2,2%), a dose de FC máxima deve ser de 24%, evitando redução dos teores desta fração. Dos três aditivos, o FC foi o que apresentou maior teor de NT (3%), o que pode ter favorecido o incremento dos teores protéicos das silagens, melhorando seu valor nutritivo.

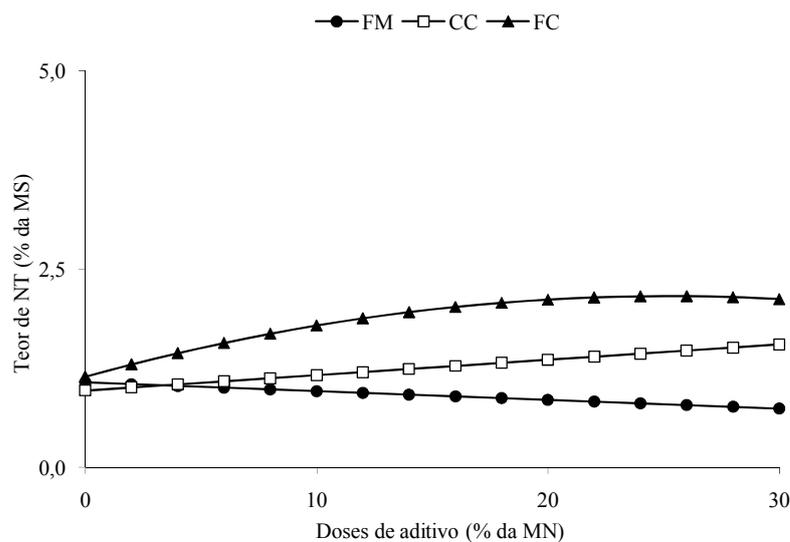


Figura 4 - Teores de nitrogênio total (NT) das silagens de capim-elefante contendo diferentes doses de farelo de mandioca (FM), casca de café (CC) e farelo de cacau (FC).

Para as silagens não aditivadas, os teores de NT ficaram bem próximos aos teores encontrados para o capim-elefante antes da ensilagem, contudo, foram observados menores teores deste nutriente na silagem sem aditivos, que, segundo Carvalho et al. (2007b), pode ser atribuído à produção de efluente, com escoamento de nutrientes.

Foi verificado efeito de interação entre os aditivos e as doses de inclusão ($P < 0,05$), em função dos teores de NIDN. As silagens com adição de FM apresentaram menores teores desta fração, enquanto o FC favoreceu a ocorrência dos teores mais altos.

Com relação aos teores de NIDN, expressos em porcentagem do NT, pode-se verificar que as doses de FM exerceram efeito linear crescente ($P < 0,05$), estimando-se aumento de 0,2 unidade percentual nos valores de NIDN, por unidade de aditivo adicionada.

Para as doses de inclusão de CC e FC, os valores de NIDN tiveram ajuste quadrático ($P < 0,05$). Foram estimados valores máximos de 47,7 e 56,9% de NIDN com a dose de inclusão de 24%, tanto de CC quanto de FC, respectivamente. Esses aumentos nos teores de NIDN podem ser atribuídos aos elevados teores desta fração nos aditivos CC (60,8%) e FC (46,3%) em relação ao capim-elefante *in natura* (16,2%), conforme observado na Tabela 1.

Carvalho et al. (2007b), estudando a adição de CC (0, 6, 12, 18 e 24%) durante a ensilagem de capim-elefante, verificaram comportamento semelhante ao encontrado neste estudo, estimando-se valor máximo de 31,7% de NIDN para a inclusão de dose de 22,5% de CC.

Foi verificado efeito de interação dos aditivos com as doses utilizadas ($P < 0,05$), em função dos teores de NIDA. Pode-se observar que houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) das doses de FM adicionadas ao capim-elefante no momento da ensilagem, estimando-se redução de

0,17 unidades percentuais desta fração, em função das doses crescentes deste aditivo. Porém, a utilização de CC e FC proporcionou efeito linear crescente ($P < 0,05$) das doses destes aditivos. Para a CC, foi observado aumento de 0,57 unidade percentual para cada unidade de CC adicionada na ensilagem, enquanto o FC promoveu acréscimo de 1,0 unidade percentual por unidade de FC adicionado no momento de ensilagem, que pode ser explicado pelos maiores valores de NIDA (% do NT) da CC e do FC, quando comparados ao capim-elefante no momento da ensilagem, conforme mostrado na Tabela 1.

Souza et al. (2003) verificaram efeito semelhante, estimando valores de 6,4; 9,2; 12; 14,9 e 17,7% de NIDA (% do NT) em função das doses de CC adicionadas (0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% na MN), respectivamente, ao capim-elefante no momento da ensilagem.

Segundo McDonald (1981), a fermentação que ocorre dentro do silo pode desencadear o aquecimento da massa ensilada, favorecendo o aumento dos teores de NIDA, que, de acordo com Van Soest (1994), é indesejável do ponto de vista nutricional, pois o nitrogênio retido na FDA indica uma maior fração da PB indisponível para os microrganismos ruminais.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados para o fracionamento de proteínas, divididas em nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e intermediária degradação (B1 + 2), fração de lenta degradação (B3) e fração indigestível (C), suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação das silagens contendo FM, CC e FC.

Para o teor de nitrogênio não protéico (NNP), representado pela fração “A”, como porcentagem do NT, não foi observado efeito ($P > 0,05$) da interação entre os aditivos e as doses de inclusão. As silagens contendo FM apresentaram maiores teores desta fração (33,1%).

Os teores da fração “A” das silagens de capim-elefante demonstraram efeito linear decrescente ($P < 0,05$), com estimativa de redução de 0,31 unidade percentual da fração “A” em função do aumento das doses de inclusão dos aditivos.

Cabral et al. (2004) observaram valor da fração “A”, na silagem de capim-elefante, de 56,9%, o que é 25 pontos percentuais superior ao valor obtido para as silagens sem aditivos avaliadas neste experimento. Tal fato pode ser atribuído ao baixo teor de MS da silagem de capim-elefante avaliada pelos autores (18,34%), sendo um indicativo da ocorrência de maior proteólise durante a fermentação e, portanto, pode explicar o maior valor da fração “A” obtido em relação aos observados nas silagens deste estudo.

Tabela 6 - Teores médios de fração constituída de nitrogênio não protéico (A), fração de rápida e intermediária degradação (B1 + B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)

Aditivo	Dose (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
A (% NT)							
FM	31,9	36,7	30,9	31,6	33,1 ^a		
CC	31,9	25,2	21,2	21,9	22,8 ^b		
FC	31,9	20,4	17,9	14,9	17,7 ^c		
Média	31,9	27,4	23,3	22,8	26,4	$\hat{Y} = 31,105 - 0,3151 * X$	0,92
CV (%)	12,2						
B1 + B2 (% NT)							
FM	49,5	46,2	46,4	44,7	45,6 ^a		
CC	49,5	34,2	34,4	31,4	33,3 ^b		
FC	49,5	30,2	31,5	28,4	30,0 ^c		
Média	49,5	36,8	37,4	34,8	39,7	$\hat{Y} = 48,682 - 1,189 * X + 0,0252 * X^2$	0,89
CV (%)	8,8						
B3 (% NT)							
FM	7,3	8,9 ^b	13,8 ^a	17,0 ^a	13,2	$\hat{Y} = 6,6422 + 0,3402 * FM$	0,96
CC	7,3	19,3 ^a	16,5 ^a	17,7 ^a	17,9	$\hat{Y} = 8,2285 + 1,0959 * CC - 0,027 * CC^2$	0,79
FC	7,3	23,9 ^a	16,2 ^a	15,0 ^a	18,4	$\hat{Y} = 8,8355 + 1,4894 * FC - 0,0445 * FC^2$	0,66
Média	7,3	17,4	15,5	16,6	14,2		
CV (%)	22,6						
C (% NT)							
FM	11,2	8,3 ^b	8,9 ^c	6,7 ^c	8,0	$\hat{Y} = 10,735 - 0,1295 * FM$	0,79
CC	11,2	21,4 ^a	27,8 ^b	28,9 ^b	26,0	$\hat{Y} = 11,163 + 1,2696 * CC - 0,0225 * CC^2$	0,99
FC	11,2	25,5 ^a	34,4 ^a	41,6 ^a	33,8	$\hat{Y} = 11,436 + 1,5264 * FC - 0,0175 * FC^2$	0,99
Média	11,2	18,4	23,7	25,8	19,8		
CV (%)	15,5						

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

* $P < 0,05$; CV – coeficiente de variação.

Para os teores de proteína verdadeira, representada pela fração “B1 + B2”, como porcentagem do NT, não foi verificado efeito ($P > 0,05$) da interação entre os aditivos e as doses utilizadas. As silagens contendo FM apresentaram maiores teores desta fração (45,6%). Já as silagens contendo CC apresentaram teores intermediários (33,3%), enquanto a adição de FC favoreceu os menores teores desta fração.

As silagens de capim-elefante sem a inclusão de aditivos vegetais (FM, CC e FC) apresentaram valor de fração “B1 + B2” de 49,5% do NT, valor bem acima dos encontrados por Cabral et al. (2004) para as silagens de milho (34,6% da PB) e de capim-elefante (22,4% da PB).

Para os teores de proteína associada à parede celular e de lenta degradação, representada pela fração “B3”, como porcentagem do NT, foi verificado efeito ($P < 0,05$) da interação dos aditivos e das doses de inclusão utilizadas.

A inclusão de doses crescentes de FM ocasionou aumento linear ($P < 0,05$) dos teores desta fração, estimando-se acréscimo de 0,34 unidade percentual para cada unidade de farelo adicionada ao capim-elefante no momento da ensilagem. Para a adição de CC e FC, foi detectado efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando valor máximo para os teores da fração “B3” de 19,3 e 21,3%, para as doses de 20,3 e 16,7% da CC e do FC, respectivamente.

Como esta fração é caracterizada pelos teores de proteínas ligadas à parede celular, este efeito pode ser atribuído à adição do FM, da CC e do FC na ensilagem do capim-elefante. Estes aditivos apresentaram elevados teores de NIDN e NIDA (Tabela 1), o que possibilitou a elevação dos teores de proteína não degradada no rúmen, com maiores valores de “B3”.

Carvalho (2006), ao adicionar 0, 7, 14, 21 e 28% de FC ao capim-elefante no momento da ensilagem, observou efeito linear crescente da fração “B3”, com acréscimo de 0,5 unidade percentual para cada unidade de FC adicionada, valor bem próximo ao encontrado neste estudo, para a inclusão do mesmo tipo de aditivo.

Sniffen et al. (1992) caracterizaram a fração “C” como proteína associada à lignina, complexos tanino-proteína, além de produtos provenientes da reação de Maillard, que se apresentam indigestíveis no trato gastrintestinal.

Para os teores de proteína insolúvel em detergente ácido, representada pela fração “C”, como porcentagem do NT, foi verificado efeito ($P < 0,05$) da interação entre os aditivos e as doses de inclusão utilizadas.

A análise de regressão mostrou que houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) da inclusão de FM ao capim-elefante, no momento da ensilagem, estimando redução de 0,13 unidade percentual para unidade de farelo adicionada.

Foi observado comportamento quadrático ($P < 0,05$) da fração “C”, em função das doses de CC e FC adicionadas na ensilagem. Estimaram-se valores máximos desta fração de 46,9% para a CC e 44,7% para o FC, com doses de 28,2% e de 43,6% para os respectivos aditivos.

De acordo com Sniffen et al. (1992), o acréscimo nos teores da fração “C” (NIDA) tem como um dos agravantes a formação de produtos de Maillard, causada pelo aquecimento dentro do silo, provocado pela ocorrência de fermentações indesejáveis, em função do elevado teor de umidade da forragem. Neste caso em particular, acredita-se que o aumento do teor desta fração possa ser atribuído às doses de CC e FC, que apresentaram em sua composição (Tabela 1) teores elevados de NIDA em relação ao teor desta variável no capim-elefante.

A determinação das características das frações protéicas dos alimentos permite estimar os seus respectivos teores, bem como o maior ou menor escape de nitrogênio ruminal.

Com estas informações, torna-se possível o desenvolvimento de estratégias nutricionais que visem maximizar a utilização do nitrogênio tanto pelos microrganismos ruminais, quanto pelo animal hospedeiro (Cabral et al., 2000).

A porcentagem de carboidratos totais (CT) e os teores das frações dos carboidratos são apresentados na Tabela 7.

Foi verificado efeito de interação entre os aditivos e as doses de inclusão ($P < 0,05$) sobre os teores de CT das silagens de capim-elefante adicionadas de FM, CC e FC.

À análise de regressão, verifica-se que as doses crescentes de FM provocaram aumento linear do teor de CT, estimando-se aumento de 0,3 unidade percentual para cada unidade do farelo adicionado ao capim. Para a adição de CC, verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando teor mínimo de 78,9% para a dose de 18,4% deste aditivo. A adição de FC ao capim-elefante apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$), estimando-se ponto de mínima de 73,6% para a adição de 24,2% de FC ao capim-elefante *in natura*.

É possível que a redução dos teores de CT tenha ocorrido em função dos maiores teores de PB e EE do FC, que foram 11,6 e 0,4 pontos percentuais superiores aos do capim-elefante (Tabela 1). O elevado teor destas frações pode interferir na estimativa do teor de CT, causando sua redução (Sniffen et al., 1992).

A análise estatística dos teores de carboidratos não fibrosos (CNF), representados pela fração “A + B1” das silagens, apresentou efeito de interação ($P < 0,05$) entre os aditivos e as doses utilizadas.

A adição de doses crescentes de FM e FC provocou efeito linear crescente ($P < 0,05$) nos teores da fração “A + B1” dos carboidratos, estimando-se aumentos de 1,5 e 0,8 unidades percentuais para adição de cada unidade de FM e FC, respectivamente. Para a CC, não foi verificado efeito ($P > 0,05$), estimando-se teor médio de 25,9% de CT. A adição de FM demonstrou superioridade quanto aos teores desta fração, em todas as doses de inclusão utilizadas (10, 20 e 30% na MN).

Os teores mais elevados da fração “A + B1”, nas silagens aditivadas com FM e FC, com relação à silagem sem aditivos, podem estar associados aos menores teores de FDNcp, que reduziram em função das doses dos aditivos (10; 20 e 30% da MN).

Valadares Filho (2000) relatou que os alimentos que contêm elevados teores de fração “A + B1” são excelentes fontes de energia para o desenvolvimento de microrganismos que utilizam carboidratos não fibrosos, sendo, portanto, necessária a inclusão de fontes protéicas de rápida e média degradação no rúmen, tendo como finalidade a sincronização entre a liberação de energia e nitrogênio.

Tabela 7 - Teores médios de carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (A + B1), componentes da parede celular que correspondem à fração potencialmente degradável (B2) e fração indigestível da parede celular (C) das silagens de capim-elefante contendo, como aditivos, o farelo de mandioca (FM), a casca de café (CC) e o farelo de cacau (FC)

Aditivo	Dose (% da MV)				Média	Equação de regressão	R ²
	0	10	20	30			
CT (% MS)							
FM	80,6	83,0 ^a	85,9 ^a	89,1 ^a	86,0	$\hat{Y} = 80,363 + 0,2847*FM$	0,99
CC	80,6	78,7 ^b	79,4 ^b	79,3 ^b	79,1	$\hat{Y} = 80,392 - 0,1618*CC + 0,0044*CC^2$	0,70
FC	80,6	75,4 ^c	74,4 ^c	73,8 ^c	74,5	$\hat{Y} = 80,361 - 0,5579*FC + 0,0115*FC^2$	0,97
Média	80,6	79,0	79,9	80,7	80,0		
CV (%)	2,0						
A + B1 (% CT)							
FM	25,9	49,6 ^a	65,0 ^a	70,5 ^a	61,7	$\hat{Y} = 30,348 + 1,4939*FM$	0,93
CC	25,9	25,9 ^c	25,9 ^c	25,8 ^c	25,9	$\hat{Y} = \square = 25,9$	-
FC	25,9	35,4 ^b	45,1 ^b	49,0 ^b	43,2	$\hat{Y} = 27,009 + 0,7909*FC$	0,96
Média	25,9	37,0	45,4	48,5	39,3		
CV (%)	9,6						
B2 (% CT)							
FM	38,5	26,9	19,1	16,2	20,7 ^a		
CC	38,5	27,1	18,0	12,1	19,1 ^a		
FC	38,5	27,6	12,8	7,6	16,0 ^b		
Média	38,5	27,2	16,6	12,0	23,6	$\hat{Y} = 37,092 - 0,9015*X$	0,97
CV (%)	19,5						
C (% CT)							
FM	25,9	23,5 ^c	15,9 ^c	13,3 ^c	17,6	$\hat{Y} = 26,475 - 0,4546*FM$	0,95
CC	25,9	49,4 ^a	56,1 ^a	25,8 ^a	43,8	$\hat{Y} = 24,889 + 4,1014*CC - 0,1346*CC^2$	0,97
FC	25,9	37,0 ^b	42,1 ^b	43,4 ^b	40,8	$\hat{Y} = 26,004 + 1,308*FC - 0,0244*FC^2$	0,99
Média	25,9	36,6	38,0	27,5	37,3		
CV (%)	9,1						

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

*P (<0,05); CV – coeficiente de variação.

A caracterização dos carboidratos não estruturais, como somatório das frações A e B1, está relacionada ao aspecto da praticidade para a formulação de rações para ruminantes e, também, ao aspecto analítico, uma vez que as metodologias de determinação do amido não resultam em valores exatos e não apresentam boa repetibilidade, em função da natureza heterogênea dos tecidos vegetais (Malafaia et al., 1997).

Para os teores dos componentes da parede celular que correspondem à fração potencialmente degradável (“B2”) nas silagens de capim-elefante, não foi verificado efeito

($P > 0,05$) da interação entre os aditivos e as doses de inclusão. A adição do FM e da CC ao capim apresentou silagens com teores da fração “B2” semelhantes (20,7 e 19,1%, respectivamente), enquanto a adição do FC apresentou o menor teor (16%).

Houve diminuição do teor da fração “B2”, em função das doses de FM, CC e FC adicionadas ao capim-elefante, estimando-se efeito linear decrescente ($P < 0,05$), com redução de 0,9 unidade percentual para cada unidade de inclusão do FM, da CC e do FC. Essa redução pode ser explicada pelos menores teores de FDN (Malafaia et al., 1998) encontrados nos aditivos em relação ao capim-elefante (Tabela 1).

A diminuição da fração “B2” coincide com o aumento das frações “A + B1” nos tratamentos analisados neste estudo, o que vem reforçar, segundo Barcelos et al. (2001), a idéia de provável decomposição natural da parede celular, devido à fermentação dentro do silo, o que contribui para o aumento das frações de alta disponibilidade.

Mello & Nörnberg (2004) relataram que a diferença nas frações de carboidratos, entre culturas, ocorre em função das diferenças nas características estruturais das plantas, verificando, em estudo sobre fracionamento de carboidratos das silagens de milho, sorgo e girassol, diferenças significativas nos teores da fração “B2” entre as culturas ensiladas. A silagem de sorgo apresentou valor mais elevado desta fração (488,1 g/kg de MS), quando comparado aos das silagens de milho e girassol (379,4 e 220,2 g/kg de MS, respectivamente).

A análise estatística da fração de carboidratos “C” das silagens apresentou efeito de interação entre os aditivos e as doses ($P < 0,05$).

A adição de FM causou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) nos teores da fração “C” das silagens, estimando decréscimo de 0,45 unidade percentual em função de cada unidade de FM adicionada ao capim. Para a adição de CC e FC, foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$), estimando-se teores máximos de 56,1 e 43,5% desta fração, para as doses de inclusão de 15 e 26,8% destes aditivos, respectivamente.

Analisando estes resultados, pode-se sugerir que a redução da fração “C”, com a adição de FM ao capim-elefante, seja em razão do baixo teor de lignina presente neste aditivo (1,6% da MS), enquanto que, para a CC e o FC, houve aumento de “C” em função dos altos teores de lignina nestes aditivos, 13,0 e 14,8%, respectivamente.

A redução do teor da fração “C”, observado com a inclusão das doses de FM, pode causar efeito positivo sobre o consumo, como fator determinante da produção animal de elevada exigência nutricional, sendo que a redução desta fração causaria aumento da disponibilidade de energia (Cabral et al., 2002). Estes autores, estudando as diferentes proporções de grãos na ensilagem de milho, verificaram redução de 26,6 para 9,3% dos CT na fração “C” para a proporção de 0 e 60% de grãos nas silagens. Contudo, os resultados encontrados neste estudo somente foram decrescentes para as silagens com doses de inclusão de FM, apresentando, desta forma, boa disponibilidade nutricional.

Assim, a caracterização das frações que constituem os carboidratos dos alimentos representa um importante instrumento para adequação de dietas que visem a maximização do desenvolvimento microbiano ruminal e, por consequência, a melhor predição do desempenho animal, e racionaliza a utilização dos recursos nos sistemas de produção.

5 CONCLUSÕES

O farelo de mandioca, o farelo de cacau e a casca de café são eficientes como aditivos, reduzindo o teor de umidade das silagens de capim-elefante contendo 16% de matéria seca e eliminando totalmente as perdas por efluente a partir das doses de 14,2, 26,3 e 30%, respectivamente. Estes aditivos melhoram as características fermentativas das silagens, diminuindo os valores de pH e o teor de nitrogênio amoniacal. Dentre os aditivos, o farelo de mandioca, promove os menores teores de fibra em detergente neutro e de lignina. O farelo de cacau favorece o aumento do nitrogênio total, porém a elevação do teor de nitrogênio indisponível aos ruminantes das silagens produzidas com este aditivo constitui-se num fator limitante.

O farelo de cacau favorece o aumento das frações nitrogenadas, porém, a elevação do teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido, fração “C”, das silagens produzidas com este aditivo constitui-se num fator limitante. O farelo de mandioca utilizado na ensilagem de capim-elefante aumenta o teor de carboidratos não fibrosos da silagem, enquanto a casca de café e o farelo de cacau aumentam a fração não digerível dos carboidratos.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, J. G. **Glyphosate e nitrogênio no controle de *Brachiaria Decumbens* STAPF em capineiras**. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 2005. 132p. (Tese de Doutorado em Zootecnia).
- AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; NUSSIO, L.G. et al. Efeito do tamanho de partícula na composição da fração nitrogenada de silagem de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.314-318.
- ANDRADE, J. B., LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1859-1872, 1998.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA Jr., G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001, p.890-911.
- BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; PÉREZ, J.R.O. et al. Estimativa das frações dos carboidratos, da casca de café e polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1566-1571, 2001.
- BATISTA, A.M.V.; GUIM, A.; SOUZA, I.S. et al. Efeitos da adição de vagens de algaroba sobre a composição química e a microbiota fúngica de silagens de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.1-6, 2006.
- 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.
- BRENNECKE, K. **Fracionamento de carboidratos e proteínas e a predição da proteína bruta e sua frações e das fibras em detergentes neutro e ácido de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu por uma rede neural artificial**. Pirassununga: Universidade de São Paulo/Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2007, 138p. (Tese de Doutorado em Zootecnia).
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C., MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações protéicas de alimentos tropicais e sua taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2316-2324, 2000 (supl.2).
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade in vitro da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2332-2339, 2002.
- 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. **Capim-elefante emurhecido ou com farelo de cacau na produção de silagem**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006, 69p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).

- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Fracionamento de carboidratos de silagens de capim-elefante emurchedo ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007a (supl.1).
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurchedo ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1495-1501, 2007b (supl.1).
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Composição química, digestibilidade da matéria seca e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6. p.1875-1881, 2007c.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento da safra de café: quarta estimativa - dezembro/2007**. Brasília: CONAB, 2007. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/4_levantamento_200708.pdf. Acesso em: 21/07/2008.
- COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.280-287, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- EVANGELISTA, A.R.; PERON, A.J.; AMARAL, P.N.C. Forrageiras não convencionais para silagem – mitos e realidades. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p.463-507.
- FARIA, D.J.G.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al. Composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante com níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.301-308, 2007.
- FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) emurchedo ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.
- FRANSEN, S.C.; STRUBI, F.J. Relationships among absorbents on the reduction of grass silage effluent and silage quality. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.10, p.2633-2644, 1998.
- FOX, D.G., SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3578-3596, 1992.
- HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in larger-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, v.54, p.208-218, 1999.
- HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226-3232, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Dados de previsão de safra – 2007**. Brasília: IBGE, 2008. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=23&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1>. Acesso em: 21/07/2008.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença de inoculante bacteriano**. Piracicaba-SP: Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002, 132p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, n.1, p.73-81, 1995.

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of in-silo effluent absorbents on effluent production and silage quality. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.64, n.3, p.173-186, 1996.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.122-127, 2000.

LICITRA, G.; HERNANDES, 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.

LIMA, J.D.; MORAES, W.S.; MENDONÇA, J.C. et al. Resíduos da agroindústria de chá preto como substrato para produção de mudas de hortaliças. **Revista Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1609-1613, 2007.

LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003 (supl. 2).

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Determinação e cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1243-1251, 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. **Revista Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1537-1542, 2004.

MENEZES, M.P.C.; RIBEIRO, M.N.; COSTA, R.G. et al. Substituição do milho pela casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em rações completas para caprinos: consumo, digestibilidade de nutrientes e ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.729-737, 2004.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL–NRC. **Nutrients Requirements so Dairy Cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001, 450p.
- NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.C.; LOBO, R.N.B. et al. Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) com diferentes níveis de subproduto de pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale*). *In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.1-3.
- NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 39. 2002. Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002, p.60-99.
- PEREIRA, O.G.; SANTOS, E.M. Microbiologia e o processo de fermentação em silagens. **In: III SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM**. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p.393-430.
- 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.
- PINTO, J.C.; ÁVILA, C.L.S.; SANTOS, I.P.A. et al. Avaliação das características da silagem de capim-aruana adicionadas com polpa cítrica peletizada. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. (CD-ROM).
- QUEIROZ FILHO, J.L.; SILVA, D.S.; NASCIMENTO, I.S. et al. 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, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.
- 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.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP: Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. 228p. (Tese de Doutorado em Agronomia).
- SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa-MG: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, F.F.; AGUIAR, M.S.M.A.; VELOSO, C.M. et al. Bagaço de mandioca na ensilagem do capim-elefante: qualidade das silagens e digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.719-729, 2007.
- SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; FREITAS, D. et al. Fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.793-801, 2002.
- SNIFFEN, C.J., O’CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. 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 de 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.
- TEIXEIRA, F.A.; SANTOS, L.C.; NASCIMENTO, P.V.N. et al. Perdas por nitrogênio amoniacal em silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) acrescido de farelo de cacau (*Theobroma cacao*). **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.6, n.11, p.1-6, 2005.
- TOMIC, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. **Características para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 2003, 20p. (documento 57).
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa-MG: SBZ, 2000, p.267-338.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- 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.
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J. et al. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.209, p.75-84, 2006.