



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DE BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
CAMPUS DE ITAPETINGA

TORTA DE ALGODÃO E DE MAMONA NA
ENSILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE

LEANDRO SAMPAIO OLIVEIRA RIBEIRO

ITAPETINGA – BAHIA
Março de 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DE BAHIA – UESB PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA *CAMPUS* DE ITAPETINGA**

LEANDRO SAMPAIO OLIVEIRA RIBEIRO

TORTA DE ALGODÃO E DE MAMONA NA ENSILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB / *Campus* de Itapetinga – BA, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia – Área de Concentração em Produção de Ruminantes.

Orientador:

Profº D. Sc. Aureliano José Vieira Pires

Co-orientadores:

Profº D. Sc. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

Profº D. Sc. Mara Lúcia Albuquerque Pereira

**ITAPETINGA - BAHIA
Março de 2010**

633.2
R369t Ribeiro, Leandro Sampaio Oliveira.
Torta de algodão e de mamona na ensilagem de capim-elefante. /
Leandro Sampaio Oliveira Ribeiro. – Itapetinga-BA: Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia - UESB, 2010.
86fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Área de concentração: Produção de Ruminantes. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Aureliano José Vieira Pires. Coorientadores: Prof. D. Sc. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho e Prof.^a D. Sc. Mara Lúcia Albuquerque Pereira.

1. Torta de mamona - Aditivo - Ensilagem - Capim-elefante. 2. Torta de algodão - Aditivo - Ensilagem - Capim-elefante. 3. Capim-elefante - Silagem - Subproduto. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Pires, Aureliano José Vieira. III. Carvalho, Gleidson Giordano Pinto de. IV. Pereira, Mara Lúcia Albuquerque. V. Título.

CDD (21): 633.2

Catálogo na Fonte:
Carolina A. Oliveira e Silva – CRB 2145-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Forragem - Conservação por ensilagem

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Torta de Algodão e de Mamona na Ensilagem de Capim-elefante".

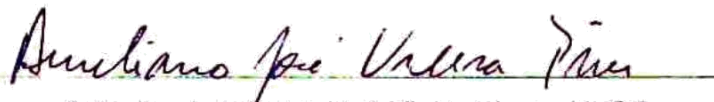
Autor (a): Leandro Sampaio Oliveira Ribeiro

Orientador (a): Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

Co-orientador (a): Prof^a Dr^a. Mara Lúcia Albuquerque Pereira

Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires - UESB



Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva - UESB



Dr^a. Mônica Lopes Paixão - Pós-Doutoranda/UFBA

Data de realização: 10 de março de 2010.

DEDICO

A Deus Pai todo poderoso, por esta vida maravilhosa.

Aos meus queridos antepassados, raízes da minha vida.

Ao meu pai Antônio César Andrade Ribeiro, meus tios Marcussuel, Ângela, Paulo Sérgio e Marlene, meus avós Maria Celeste e Olival Evaristo, meus bisavós Nair e Manoel, pelo incentivo em todos os momentos desta jornada.

À minha mãe Rosana Sampaio Oliveira, meus tios Rogério, Rejane e Rodrigo, meus avós Waldélia e Nelito, pelo incentivo em todos os momentos desta jornada.

Aos meus irmãos Rafael Sampaio Oliveira Ribeiro e Ana Luiza Teixeira Ribeiro, pelo amor, apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida.

Aos meus primos Thais, Carolina, Milena, Gabriela, Marcela, Fernando, Gustavo, Lucas, Maria Clara, João Pedro e Hugo, pela torcida.

À minha namorada Alana Batista dos Santos, pelo incentivo, apoio, amizade, companheirismo, força, compreensão e, principalmente, pelo amor dedicado em todos os momentos.

OFEREÇO

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires e família, pelo incentivo e apoio incondicional em todos os momentos de dificuldades.

Aos amigos Gleidson e José Queiroz, pelo apoio e disposição em ajudar, sempre que precisei.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus Pai todo poderoso, por me dar sabedoria, força, coragem e vontade para viver e vencer.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB e ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na pessoa do coordenador Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires.

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

Ao professor Dr. Aureliano José Vieira Pires, pela paciência, compreensão, incentivos, ensinamentos, amizade e, acima de tudo, pela excelente orientação.

Aos meus co-orientadores, professor Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho e Dra. Mara Lúcia Albuquerque Pereira, pelos conselhos, críticas, sugestões e apoio.

Aos professores, Dr. Fabiano Ferreira da Silva – UESB e Dra. Mônica Lopes Paixão, pelas críticas e sugestões.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos transmitidos.

Às secretárias do Colegiado de Pós-Graduação em Zootecnia, Maísa e Barbara, pelo ótimo trabalho realizado.

Aos colegas que ajudaram na montagem e condução do experimento, Alana, Adler, Carlinhos, Daiane Maria, José Queiroz, Hellen, Hugo e Tiagão.

Ao Mário (Marão), coordenador do campo agropecuário da UESB, e a todos os trabalhadores do campo pelo apoio.

Ao Laboratório de Forragicultura e Pastagem, na pessoa do senhor José Queiroz (Zezinho), pela grande colaboração, pela excelente e agradável convivência.

A todos os colegas da graduação e Pós-Graduação da UESB, em especial aos amigos Jefferson e Suely, pelo apoio e agradável convivência.

Aos animais utilizados nesta pesquisa, por todo sacrifício em prol da ciência. Aos amigos do pensionato de Dona Alzira, pelo apoio e amizade, em especial à Senhora Alzira, pelo carinho, incentivo, apoio e comida maravilhosa.

A todos os meus familiares (pais, irmãos, avós, bisavós, tios e primos), pela torcida, incentivo e apoio prestado em todo momento.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

O meu muito obrigado!

BIOGRAFIA

Leandro Sampaio Oliveira Ribeiro, filho de Antônio César Andrade Ribeiro e de Rosana Sampaio Oliveira, nascido na cidade de Feira de Santana, Estado da Bahia, em 18 de fevereiro de 1984.

Em 1999, ingressou no curso Técnico em Agropecuária, pela Escola Agrotécnica Federal de Santa Inês – EAFSI, Estado da Bahia, concluindo em 2001.

Em 2004, ingressou no curso de graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Estado da Bahia, onde obteve o título de Zootecnista, colando grau em 31 de janeiro de 2009.

Em março de 2009, ingressou no Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Produção de Ruminantes, pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, defendendo a dissertação em 10 de março de 2010.

Em março de 2010, ingressou no Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Produção de Ruminantes, pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

RESUMO

RIBEIRO, Leandro Sampaio Oliveira. **Torta de algodão e de mamona na ensilagem de capim-elefante**. Itapetinga-BA: UESB, 2010. 86p. il. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Área de concentração em Produção de Ruminantes).*

A participação do biodiesel na matriz energética mundial é uma realidade, surgindo a necessidade da realização de estudos sobre a destinação dos coprodutos, gerados pela cadeia produtiva. Desta maneira, propõe-se avaliar a inclusão da torta de algodão (*Gossypium hirsutum*), bem como da torta de mamona (*Ricinus communis* L.) na ensilagem de capim-elefante, em dois diferentes experimentos. **Experimento I** - avaliou-se os teores de nitrogênio amoniacal, potencial hidrogeniônico, perdas decorrentes do processo fermentativo (gases, efluente e total), valor nutritivo, bem como o fracionamento de carboidratos e proteína da silagem de capim-elefante, emurchecido ou não, contendo torta de algodão. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições: capim-elefante emurchecido; capim-elefante não emurchecido; capim-elefante mais torta de mamona (6% MN); capim-elefante mais torta de mamona (12% MN) e capim-elefante mais torta de mamona (18% MN). O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) foi colhido com 22,2% de matéria seca (MS), imediatamente picado, homogeneizado e aditivado com torta de algodão, conforme os tratamentos na ensilagem. Para obtenção da silagem de capim-elefante emurchecido, o capim colhido foi deixado no campo, por 8 horas em exposição ao sol, posteriormente picado e ensilado. As silagens foram armazenadas por 60 dias em silos experimentais de cloreto de polivinila – PVC, com dimensões de 50 cm de altura por 10 cm de diâmetro, providos de tampa com válvula de Bunsen, areia e tela no fundo. Adotou-se uma massa específica de 600 kg/m³. A torta de algodão foi eficiente em reduzir a perda por gases, efluente e total, proporcionando um maior (P<0,05) índice de recuperação de matéria seca. Além disso, a torta de algodão na ensilagem do capim-elefante mostrou-se eficiente em aumentar os teores de MS, matéria orgânica, extrato etéreo e proteína bruta da silagem. Já a fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigido para cinza e proteína, fibra em detergente ácido, carboidratos totais e matéria mineral, diminuíram com o aumento da participação da torta de algodão. Para o teor de nutrientes digestíveis totais, apenas a silagem contendo 18% de torta de algodão diferiu (P<0,05) da silagem emurchecida, enquanto, para a digestibilidade *in situ* da MS foi a silagem contendo 12% de torta de algodão. Para o fracionamento de carboidratos, as silagens contendo torta de algodão diferiram da silagem emurchecida para fração A+B1, no entanto, não se verificou diferença entre as silagens aditivadas para as frações B2 e C. Para as frações protéicas, a fração A da silagem contendo 6% de torta de algodão diferiu da silagem emurchecida, a fração B1+B2 apresentou um efeito crescente com o aumento das doses. Dentre

as silagens, apenas a não emurchecida equiparou-se à emurchecida para o teor da fração B3. Com relação à fração C, todas as silagens diferiram da emurchecida. A torta de algodão pode ser considerada um bom aditivo para absorção da umidade na ensilagem de capim-elefante e proporciona a obtenção de silagem com alto valor nutritivo. **Experimento II** – avaliou-se os mesmos objetivos propostos para o experimento I, além disso, todo o material e métodos foram realizados conforme descrito anteriormente, porém, para os tratamentos, o que diferenciou foi a inclusão da torta de mamona. A torta de mamona foi eficiente em reduzir as perdas por efluente e total, proporcionando um maior ($P < 0,05$) índice de recuperação de matéria seca. A torta de mamona na ensilagem de capim-elefante mostrou-se eficiente em aumentar ($P < 0,05$) os teores de MS, matéria mineral, proteína bruta e lignina; já para a matéria orgânica, nitrogênio insolúvel em detergente ácido, nutrientes digestíveis totais, fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigido para cinza e proteína, fibra em detergente ácido, celulose e carboidratos totais diminuíram com o aumento das doses. Para a digestibilidade *in situ* da MS e carboidratos não fibrosos, não houve diferença ($P > 0,05$) com o aumento das doses. Para o fracionamento de carboidratos, não se verificou diferença ($P > 0,05$) entre as silagens aditivadas para as frações A+B1, B2 e C. Para o fracionamento de proteína, as frações A e C diminuíram ($P < 0,05$) com o aumento das doses, diferentemente, da fração B1+B2 que aumentou, porém para fração B3, não houve diferença. A torta de mamona destaca-se como um bom aditivo para absorção da umidade na ensilagem de capim-elefante, por proporcionar redução das perdas e incrementar o valor nutritivo da silagem, no entanto, o emurchecimento do capim-elefante pela exposição ao sol não foi eficiente em reduzir o teor de umidade da forragem para teores satisfatórios a ensilagem.

Palavras-chave: conservação de forragem, fracionamento de nutrientes, *Pennisetum purpureum*, subproduto, valor nutritivo

*Orientador: Aureliano José Vieira Pires, D.Sc., UESB e Co-orientadores: Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, D.Sc., UFBA e Mara Lúcia Albuquerque Pereira, D.Sc., UESB

ABSTRACT

Ribeiro, Leandro Sampaio Oliveira. Cottonseed meal and of castor bean in the elephant grass ensilage. Itapetinga-BA: UESB, 2010. 86p. il. (Thesis – Mastership in Zootechny – Yield of Ruminants).*

The participation of biodiesel in the world energetic matrix is a reality, appearing the need for studies about the destination of co-products generated by the productive chain. Thus, proposes to review the inclusion of cottonseed meal (*Gossypium hirsutum*), and of the castor bean meal (*Ricinus communis* L.), in the elephant grass ensilage, in two different experiments. **Experiment I** - We evaluated the concentration of ammonia nitrogen, hydrogen potential, the losses of deriving the fermentative process (gases, effluents and total), nutritional value, as well as, the fractioning of carbohydrates and protein the elephant grass silage wilted or not containing cottonseed meal. The experimental design was completely randomized, with five treatments and with four replications: elephant grass wilted; elephant not wilted; elephant grass more cottonseed meal (6% NM); elephant grass more cottonseed meal (12% NM) and elephant grass more cottonseed meal (18% NM). The elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) was harvested with 22,2% of dry matter (DM), immediately crushed, homogenized and additived with cottonseed meal of according the respective treatments in the ensilage. To obtain elephant grass silage wilted, harvested grass was left on the field by 8 hours of sun exposure, posteriorly chopped and ensiled. The silages were stored by 60 days in silos experimental of polyvinyl chloride – PVC, with dimensions of 50 cm of height by 10 cm of diameter, provided of cover with Bunsen valve, sand and the bottom screen. We adopted a specific mass of 600 kg/m³. The meal cottonseed was effective in reducing losses to by gases, effluent and total, providing a higher (P<0.05) rate of recovery of dry matter. Also, the cottonseed meal in the elephant grass ensilage was efficient in increasing the levels of DM, organic matter, ether extract, crude protein of silage, already for neutral detergent fiber (NDF), NDF corrected for ash and protein, acid detergent fiber, total carbohydrate and ash, which decreased with increasing doses. For the content of total digestible nutrients just silage containing 18% cottonseed meal differed (P<0.05) from the silage wilted, while, for the in situ digestibility of DM was the silage containing 12% cottonseed meal. For the carbohydrate fraction, the silages containing cottonseed meal differed from the silage wilted for the fraction A+B1, however, there was not difference among the silages with additives for fractions B2 and C. For the protein fractions, the fraction A of silage containing 6% of cottonseed meal differed from the silage wilted, the fraction B1+B2 showed an increasing effect with increase doses, among the silages not wilted just equated with wilted for the content of fraction B3. With respect the fraction C all the

differed from silages wilted. The cottonseed meal can be considered a good additive to absorb moisture in the elephant grass silage and provides the obtain silage with high nutritional value.

Experiment II – We evaluated the same objectives proposed of the experiment I, also, all the material and methods were performed as previously described, but, for the treatments, which will differed was the inclusion of castor bean meal. The castor bean meal was effective in reducing losses to by effluent and total, providing a higher ($P<0.05$) rate of recovery of dry matter. The castor bean meal in the elephant grass ensilage was efficient in increasing ($P<0,05$) the levels of DM, ash, crude protein e lignin, already for organic matter, acid detergent insoluble nitrogen, total digestible nutrients, neutral detergent fiber (NDF), NDF corrected for ash and protein, acid detergent fiber, cellulose and total carbohydrate decreased with increasing doses. For the in situ digestibility of DM and non-fiber carbohydrate there was not difference ($P>0.05$) with increasing doses. For the carbohydrate fraction, there was not difference ($P>0.05$) among the silages with additives for fractions A+B1, B2 and C. For the protein fractionation, the fractions A and C decreased ($P<0.05$) with increasing doses, differently, of the fraction B1+B2 which increased, but for fraction B3 was not difference. Castor bean meal is a good additive to absorb moisture in the elephant grass ensilage, by provide reducing the losses and increasing the nutritional value of silage, however, wilting of the elephant grass by sun exposure was not effective in reducing the moisture content of forage to satisfactory levels the ensilage.

Keywords: byproduct, fractionation of nutrients, forage conservation, nutritional value, *Pennisetum purpureum*

*Adviser: Aureliano José Vieira Pires, *D.Sc.*, UESB e Coadvises: Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, *D.Sc.*, UFBA e Mara Lúcia Albuquerque Pereira, *D.Sc.*, UESB.

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1

Tabela 1 -	Valores médios da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade <i>in situ</i> da matéria seca (DISMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), matéria mineral (MM) e coeficiente de variação (CV) do capim-elefante emurchecido e do capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de algodão, antes da ensilagem e da torta de algodão	23
Tabela 2 -	Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perdas totais (PT), índice de recuperação da matéria seca (IRMS) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de algodão	27
Tabela 3 -	Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perdas totais (PT) e índice de recuperação da matéria seca (IRMS), em função das doses de torta de algodão, no capim-elefante não emurchecido	28
Tabela 4 -	Valores médios da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), digestibilidade <i>in situ</i> da matéria seca (DISMS) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de algodão	32
Tabela 5 -	Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade <i>in situ</i> da matéria seca (DISMS), em função das doses de torta de algodão no capim-elefante não emurchecido	33
Tabela 6 -	Valores médios da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de algodão	38

Tabela 7 -	Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF), em função das doses de torta de algodão no capim-elefante não emurchecido	39
Tabela 8 -	Valores médios de carboidratos totais (CT), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (C), bem como às frações proteicas, correspondentes ao nitrogênio não proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3), fração não digestível (C) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de algodão	42
Tabela 9 -	Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (C), bem como às frações proteicas, correspondentes ao nitrogênio não proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C), em função das doses de torta de algodão no capim-elefante não emurchecido	43

CAPITULO 2

Tabela 1 -	Valores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade <i>in situ</i> da matéria seca (DISMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos corrigido (CNFcp) e matéria mineral (MM) do capim-elefante emurchecido e do capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de mamona, antes da ensilagem e da torta de mamona	59
Tabela 2 -	Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perdas totais (PT), índice de recuperação da matéria seca (IRMS) e coeficiente de variação (CV), da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de mamona	63
Tabela 3 -	Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perdas totais (PT) e índice de recuperação da matéria seca (IRMS), em função das doses de torta de mamona no capim-elefante não emurchecido.....	64

- Tabela 4** - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de mamona 68
- Tabela 5** - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), em função das doses de torta de mamona no capim-elefante não emurchecido 69
- Tabela 6** - Valores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de mamona 73
- Tabela 7** - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF), em função das doses de torta de mamona no capim-elefante não emurchecido 74
- Tabela 8** - Valores médios de carboidratos totais (CT), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (C), bem como às frações proteicas, correspondentes ao nitrogênio não proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3), fração não digestível (C) e coeficiente de variação (CV), da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido, aditivado com torta de mamona 77
- Tabela 9** - Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (C), bem como às frações proteicas, correspondentes ao nitrogênio não proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C), em função das doses de torta de mamona no capim-elefante não emurchecido, aditivada com torta de mamona 78

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

Torta de algodão na ensilagem de capim-elefante	15
RESUMO.....	15
ABSTRACT	17
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4 CONCLUSÕES.....	47
5 REFERÊNCIAS.....	48

CAPÍTULO 2

Torta de mamona na ensilagem de capim-elefante	52
RESUMO.....	52
ABSTRACT	54
1 INTRODUÇÃO.....	55
2 MATERIAL E MÉTODOS	58
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4 CONCLUSÕES.....	82
5 REFERÊNCIAS.....	83

CAPÍTULO 1

Torta de algodão na ensilagem de capim-elefante

RESUMO

O experimento foi conduzido para avaliar os teores de nitrogênio amoniacal, potencial hidrogeniônico, perdas decorrentes do processo fermentativo (gases, efluente e total), valor nutritivo, bem como o fracionamento de carboidratos e proteínas da silagem de capim-elefante emurhecido ou não emurhecido, contendo torta de algodão. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições: capim-elefante emurhecido; capim-elefante não emurhecido; capim-elefante mais torta de algodão (6%); capim-elefante mais torta de algodão (12%) e capim-elefante mais torta de algodão (18%), o coproduto foi adicionado com base na matéria natural (peso/peso). O capim-elefante foi colhido com 22,2% de matéria seca (MS), imediatamente picado, homogeneizado, aditivado com torta de algodão, conforme os tratamentos na ensilagem. Para obtenção da silagem de capim-elefante emurhecido, o capim colhido foi deixado no campo por 8 horas de exposição ao sol, posteriormente picado e ensilado. As silagens foram mantidas por 60 dias em silos experimentais de cloreto de polivinila – PVC, com dimensões de 50 cm de altura por 10 cm de diâmetro, providos de tampa com válvula de Bunsen, areia e tela no fundo. Adotou-se uma massa específica de 600 kg/m^3 . Apesar de todas as silagens apresentarem teores de pH dentro de um patamar adequado, a silagem contendo 18% de torta de algodão apresentou maior ($P < 0,05$) valor de pH (4,2). Teor elevado de nitrogênio amoniacal foi verificado para a silagem de capim emurhecido (10,4% N-total). A torta de algodão foi eficiente em reduzir a perda por gases, efluente e total, proporcionando um maior ($P < 0,05$) índice de recuperação da matéria seca. A inclusão da torta de algodão na dose de 6% permitiu produção de silagem com teor de MS semelhante ($P > 0,05$) ao da silagem de capim emurhecido. Além disso, a torta de algodão na ensilagem de capim-elefante mostrou-se eficiente em aumentar os teores de MS, matéria orgânica, extrato etéreo e proteína bruta da silagem, já a fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigido para cinza e proteína, fibra em detergente ácido, carboidratos totais e matéria mineral diminuíram com o aumento das doses. Para o teor de nutrientes digestíveis totais, apenas a silagem contendo 18% de torta de algodão diferiu ($P < 0,05$) da silagem emurhecida, enquanto para a digestibilidade *in situ* da MS, foi a silagem contendo 12% de torta de algodão. Para o fracionamento de carboidratos, as silagens contendo torta de algodão diferiram da silagem emurhecida para fração A+B1, no entanto, não se verificou diferença entre as silagens aditivadas para as frações B2 e C. Para as frações protéicas, a fração A da silagem contendo 6% de torta de algodão diferiu da silagem emurhecida, a fração B1+B2 apresentou efeito crescente com o aumento das doses. Dentre as silagens, apenas a não emurhecida equiparou-se à

emurhecida para o teor da fração B3. Com relação à fração C, todas as silagens diferiram da emurhecida. A torta de algodão pode ser considerada um bom aditivo para absorção da umidade na ensilagem de capim-elefante e proporciona a obtenção de silagem com alto valor nutritivo, sobretudo, na dose de 18%, por incrementar os teores de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais.

Palavra-chave: conservação de forragem, coprodutos do biodiesel, frações proteicas, *Gossypium hirsutum*, *Pennisetum purpureum*

CHAPTER 1

Cottonseed meal in the elephant grass ensilage

ABSTRACT

The experiment was conducted to evaluate the concentrations of ammonia nitrogen, hydrogen potential, the losses of deriving the fermentative process (gases, effluents and total), nutritional value, as well as, the fractioning of carbohydrates and protein the elephant grass silage wilted or not containing cottonseed meal. The experimental design was completely randomized, with five treatments and with four replications: elephant grass wilted; elephant not wilted; elephant grass more cottonseed meal (6%); elephant grass more cottonseed meal (12%) and elephant grass more cottonseed meal (18%), the co-product was added with base on natural matter (weight/weight). The elephant grass was harvested with 22.2% of dry matter (DM), immediately crushed, homogenized and additived with cottonseed meal of according the respective treatments in the ensilage. To obtain elephant grass silage wilted, harvested grass was left on the field by 8 hours of sun exposure, posteriorly chopped and ensiled. The silages were stored by 60 days in silos experimental of polyvinyl chloride – PVC, with dimensions of 50 cm of height by 10 cm of diameter, provided of cover with Bunsen valve, sand and the bottom screen. We adopted a specific mass of 600 kg/m^3 . Despite all the silages present pH levels within an appropriate level of conservation, the silage containing 18% cottonseed meal showed higher ($P < 0.05$) pH (4.2). High level of ammoniacal nitrogen was observed to the elephant grass silage wilted (10.4% N-total). The meal cottonseed was effective in reducing losses to by gases, effluent and total, providing a higher ($P < 0.05$) rate of recovery of dry matter. The inclusion of cottonseed meal in the 6% allowed production of silage with DM similar ($P > 0.05$) to that of grass silage wilted. Also, the cottonseed meal in the elephant grass ensilage was efficient in increasing the levels of DM, organic matter, ether extract, crude protein of silage, already for neutral detergent fiber (NDF), NDF corrected for ash and protein, acid detergent fiber, total carbohydrates and ash decreased with increasing doses. For the content of total digestible nutrients just silage containing 18% cottonseed meal differed ($P < 0.05$) from the silage wilted, while, for the in situ digestibility of DM was the silage containing 12% cottonseed meal. For the carbohydrate fraction, the silages containing cottonseed meal differed from the silage wilted for the fraction A+B1, however, there was not difference among the silages with additives for fractions B2 and C. For the protein fractions, the fraction A of silage containing 6% of cottonseed meal differed from the silage wilted, the fraction B1+B2 showed an increasing effect with increase doses, among the silages not wilted just equated with wilted for the content of fraction B3. With respect the fraction C all the differed from silages wilted. The cottonseed meal can be considered a good additive to absorb moisture in the elephant grass silage and

provides the obtain silage with high nutritional value. Especially in dose of 18%, by to increase the levels of crude protein and total digestible nutrients

Keywords: co-products of biodiesel, forage conservation, *Gossypium hirsutum*, *Pennisetum purpureum*, protein fractions

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios das atuais gerações é prover o crescimento ou manutenção do desenvolvimento econômico sem destruir ainda mais o meio ambiente. Durante os últimos anos, o homem preocupou-se apenas em promover a industrialização como forma de melhorar os padrões de vida da humanidade e, por diversas vezes, o meio ambiente foi deixado de lado. É inegável que a qualidade de vida de algumas sociedades tenha melhorado à custa de grandes impactos ambientais, no entanto, essa situação não é uma realidade no mundo todo.

O biodiesel é um combustível originado de fontes renováveis, produzido a partir da extração de óleos vegetais (babaçu, soja, mamona, dendê, algodão, girassol etc.) ou gordura animal e um álcool (metanol ou etanol), na presença de catalisador (ácido ou básico), processo esse denominado de transesterificação. Tendo como principal atrativo a similaridade com o óleo diesel mineral e com a grande vantagem de ser ecologicamente correto.

Com isso o agronegócio das oleaginosas tem sido motivo de altos investimentos, causando uma rápida expansão de áreas plantadas para que se obtenham maiores produtividades em curto prazo. Várias oleaginosas estão sendo estudadas e, ainda, se encontram em fase de avaliação e desenvolvimento de suas cadeias produtivas, para que possa verificar a viabilidade em ser empregadas na produção do biodiesel (PARENTE, 2003).

Em todo o Brasil, existem áreas aptas à produção de diferentes oleaginosas, assim, a região norte apresenta potencial para cultivo de dendê, babaçu e soja; a região nordeste, de babaçu, soja, mamona, dendê, algodão e coco; a região centro-oeste, de soja, mamona, algodão, girassol, dendê e gordura animal; a região sul, de soja, colza, girassol e algodão; e a região sudeste, de soja, mamona, algodão e girassol (CAMPOS, 2003; PERES & JÚNIOR, 2003).

A cultura do algodão sempre girou em torno do setor têxtil, tendo sua pluma como principal produto e as sementes como um coproduto da produção. Contudo, no processamento do algodão, aproximadamente 62,5% do peso do produto, antes do processamento, é caroço (AMORIM, 2005). Entre os coprodutos, pode-se citar o línter, cerca de 10% da semente do algodão, o óleo bruto (15,5% da semente), a torta, que é quase a metade da semente, além da casca que corresponde a 4,9% do total (ARAÚJO et al., 2005).

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de caroço de algodão (acima de 2 milhões de toneladas), sendo a China o principal país produtor, produção estimada em 15 milhões de toneladas, seguido da Índia, com produção aproximada de 8,8 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2007). De acordo com a CONAB (2009), o maior Estado produtor de algodão no Brasil é o Mato Grosso, com uma produção de 972,4 mil toneladas de caroço de algodão e que, nos últimos anos, obteve um expressivo aumento em sua produção. Logo após, está a Bahia com produção de aproximadamente 477,8 mil toneladas, e Goiás, com 260,5 mil toneladas.

A torta de algodão é um subproduto obtido após a extração do óleo, podendo ser utilizado sob diversas formas, fertilizante, na alimentação animal e na fabricação de farinhas alimentícias, após desintoxicação, entretanto, sua principal aplicação reside na elaboração de rações animais, devido ao seu alto valor proteico (30 a 35%).

Tradicionalmente, na alimentação animal são utilizados os subprodutos e resíduos, como o caroço, a torta, o farelo e as cascas da semente do algodão, fornecendo proteína e energia aos ruminantes, por meio de dietas. E uma das formas de potencializar a utilização da torta de algodão é no processo de ensilagem, sobretudo, em gramíneas que apresentam baixo teor de MS, por promover a redução das perdas e incrementar o valor nutritivo do produto final.

O capim-elefante pode ser considerado como uma das principais forrageiras utilizadas na alimentação de ruminantes, por apresentar qualidades, tais como: adaptação às condições brasileiras, grande diversidade de espécies, ser perene, além de apresentar excelente rendimento de massa verde por unidade de área, com alto valor nutritivo e boa palatabilidade, produzindo até 30 toneladas de matéria seca (MS) por hectare/ano (ANDRADE & LAVEZZO, 1998). Dessa maneira, pode ser utilizado no pastejo, como capineira, para fornecimento do material verde desintegrado ou na elaboração de alimentos conservados como a silagem ou feno (PASSOS, 1999).

O maior entrave ao se utilizar o capim-elefante na produção de silagem é o alto teor de umidade e a baixa concentração de carboidratos solúveis, no ponto ideal de corte. Assim, silagens produzidas com forrageiras, contendo baixo teor de matéria seca, podem apresentar um produto final (silagem) de baixa qualidade (FERRARI JÚNIOR & LAVEZZO, 2001), devido a maiores perdas por efluente que, por meio de uma solução, nutrientes (carboidratos solúveis, ácidos orgânicos, proteínas e minerais) de alta digestibilidade são carregados para o solo, além de propiciar o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, devido ao excesso de umidade da forragem. Esse gênero de bactéria é responsável pela diminuição do teor de ácido láctico da ensilagem, evitando o abaixamento do pH, concomitantemente, pela formação de ácido butírico e degradação da proteína (McDONALD et al., 1991).

Diversas pesquisas vem sendo desenvolvidas com o intuito de solucionar os problemas envolvidos com o excesso de umidade do capim-elefante. Desta maneira, uma das tecnologias que vem sendo estudada é o emurchecimento do capim a ser ensilado. Alguns autores (MACHADO FILHO & MUHLBACH, 1986; VILELA, 1990; CARVALHO et al, 2007) relataram que a exposição do capim-elefante ao sol, entre 6 e 12 horas, aumenta o teor de matéria seca, porém, não permite a obtenção de material com 30 a 35% de MS, desejável para obtenção de silagens de boa qualidade (MUCK, 1988).

Técnica alternativa à do emurchecimento, que está sendo estudada, é a adição de aditivos sequestrantes de umidade que, além de aumentar a matéria seca, podem contribuir no aporte de carboidratos solúveis no material a ser ensilado, conseqüentemente, diminuindo as

perdas no sistema, proporcionando a obtenção de silagem de melhor valor nutritivo. Diversos subprodutos ou resíduos estão sendo usados, de acordo com a disponibilidade de cada região, como a casca de café (SOUZA et al., 2003; FARIA et al., 2007); o farelo de cacau (CARVALHO et al., 2007a); o farelo de mandioca (PINHO et al., 2008); a casca de café, farelo de cacau e farelo de mandioca (PIRES et al., 2009); polpa cítrica (RODRIGUES et al., 2005 e 2007); subproduto do abacaxi (FERREIRA et al., 2009) e subproduto do maracujá (NEIVA et al., 2006).

Dentre os aditivos com potencial de utilização, a torta de algodão destaca-se por ser um subproduto resultante do esmagamento do caroço de algodão, depois de retirada da pluma, para extração do óleo pela indústria do biocombustível e, assim, tornar-se um alimento rico em nutrientes, além de ser produzido em grandes quantidades, o que favorece o preço de aquisição.

A torta de algodão apresenta grande variação na sua composição química e, por ser um subproduto da indústria de biocombustível, esta variação ocorre de acordo com o meio pelo qual ele foi produzido. Análises bromatológicas indicam que seu conteúdo oscila entre 89,1 a 94,2% de matéria seca; 25,9 a 47,6% de proteína bruta; 1,2 a 11,4% de extrato etéreo; 28,4 a 33,1% de fibra em detergente neutro; 17,7 a 21,6% de fibra em detergente ácido e 4,4 a 15,1% de lignina, (COTTONSEED FEED PRODUCTS GUIDE, 1998; VALADARES FILHO et al., 2006; BRITO et al., 2007), demonstrando a grande potencialidade que a torta de algodão apresenta para ser utilizada na composição de alimentos para ruminantes.

O experimento foi conduzido para avaliar os teores de nitrogênio amoniacal, potencial hidrogeniônico, as perdas decorrentes do processo de fermentação (gases, efluente e total), o valor nutritivo, bem como o fracionamento de carboidratos e da proteína da silagem de capim-elefante emuchercido ou silagem de capim-elefante não emuchercido, contendo torta de algodão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Forragicultura e Pastagem, pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, localizada no município de Itapetinga, Estado da Bahia.

Como material para ensilagem foi utilizado capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) proveniente de uma capineira implantada na própria Universidade. No momento do corte, o capim apresentou 1,8 m de altura, após 60 dias de rebrota, com 22,2% de matéria seca, sendo picado em picadoura estacionária com tamanho de partículas variando entre 1 a 2 cm, imediatamente foi homogeneizado, aditivado com a torta de algodão, conforme os tratamentos na ensilagem. Já para obtenção da silagem de capim-elefante emurchecido, o capim colhido foi deixado no campo, após 8 horas de exposição ao sol, sem revolvimento, posteriormente, picado e ensilado.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, como a seguir: capim-elefante emurchecido; capim-elefante não emurchecido; capim-elefante não emurchecido + torta de algodão (6%); capim-elefante não emurchecido + torta de algodão (12%) e capim-elefante não emurchecido + torta de algodão (18%), o coproduto foi adicionado com base na matéria natural (peso/peso). Com base na matéria seca, as doses 6, 12 e 18%, correspondem, respectivamente, às doses 21,1; 36,3 e 47,9%. A composição bromatológica do capim-elefante emurchecido e do capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de algodão na ensilagem e da torta de algodão, pode ser observada na Tabela 1.

Para produção das silagens, foram utilizados silos experimentais de cloreto de polivinila – PVC, com dimensões de 50 cm de altura por 10 cm de diâmetro, providos de tampa com válvula de Bunsen com areia e tela no fundo, previamente pesados para captação de efluente das silagens de capim-elefante, e as medidas de perdas foram mesuradas por ocasião da abertura dos silos.

O material foi compactado adotando-se uma massa específica de 600 kg/m^3 , correspondendo a 2,0 kg de matéria natural por silo, posteriormente, os silos foram vedados, pesados e ficaram armazenados por 60 dias. Após o período de armazenamento, os silos foram novamente pesados para se obter as perdas de matéria seca por gases. Em seguida, abertos para a retirada da silagem e pesagem do conjunto silo+areia+tela para se obter as perdas por efluente.

Tabela 1 Valores médios da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e matéria mineral (MM) do capim-elefante emurchecido, do capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de algodão na ensilagem e da torta de algodão

Item (%)	Capim-elefante emurchecido	Capim-elefante não emurchecido + torta de algodão				Torta de algodão
		0	6	12	18	
MS	27,9	22,2	26,6	29,7	32,7	92,8
MO ¹	92,2	92,8	93,9	94,3	94,6	95,6
EE ¹	2,2	2,5	3,4	5,2	6,6	11,9
PB ¹	5,7	5,3	10,9	13,2	14,0	34,4
NIDN ²	29,9	28,7	16,2	19,4	13,6	14,9
NIDA ²	22,2	20,7	11,9	11,0	7,2	7,9
NDT ¹	48,1	51,5	52,0	54,9	56,9	80,3
DISMS ¹	40,5	48,9	42,3	42,7	42,9	45,5
FDN ¹	78,0	75,1	72,3	67,3	64,5	34,8
FDNcp ¹	76,6	73,9	70,3	65,5	63,0	32,3
FDA ¹	58,1	57,7	58,0	59,4	46,2	30,9
Hemicelulose ¹	20,0	17,4	14,3	7,9	18,3	4,5
Celulose ¹	46,7	47,7	47,6	48,8	38,0	23,8
Lignina ¹	10,0	9,1	9,7	10,2	12,2	8,4
CT ¹	78,0	75,1	72,3	67,4	64,5	49,4
CNFcp ¹	7,6	11,1	9,2	10,4	10,9	17,5
MM ¹	7,8	7,2	6,1	5,7	5,4	4,4
pH	5,7	5,6	5,7	5,7	5,8	****

¹ porcentagem da matéria seca; ² porcentagem do nitrogênio total.

As medidas de perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perda total (PT) e o índice de recuperação de matéria seca (IRMS) nas silagens foram estimadas de acordo com equações propostas por Schmidt (2006):

$$PG = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] \times 100}{[(PCen - Pen) * MSen]}$$

Onde: PG = Perdas por gases em % da MS; PCen = Peso do silo cheio na ensilagem (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+tampa+areia+tela+pano) na ensilagem (kg); MSen = Teor de MS da

fornagem na ensilagem (%); PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg); MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

$$PE = \frac{(Pab - Pen) \times 1000}{(MVfe)}$$

Onde: PE = Produção de efluente (kg/t de massa verde); Pab = Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na abertura (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na ensilagem (kg); MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

$$PT = \frac{[(MSi - MSf)] \times 100}{MSi}$$

Onde: PT = Perda Total de MS; MSi = Quantidade de MS inicial, peso do silo após enchimento – peso do conjunto vazio, sem a forragem, antes do enchimento (tara seca) x teor de MS da forragem na ensilagem. MSf = Quantidade de MS final. Peso do silo cheio antes da abertura – peso do conjunto vazio, sem a forragem, após a abertura dos silos (tara úmida) x teor de MS da forragem na abertura.

$$IRMS = \frac{100 - [(MFSe \times MSSe) - (MFSr - MSSr)] \times 100}{(MFSe \times MSSe)}$$

Em que: IRMS = Índice de recuperação de matéria seca (%); MFSe = Massa de forragem fresca no saco na ensilagem (kg); MSSe = Teor de MS da forragem na ensilagem (%); MFSr = Massa de forragem fresca no saco recuperado (kg); MSSe = Teor de MS da forragem no saco recuperado (%).

Parte da silagem *in natura* foi utilizada para análise do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e potencial hidrogeniônico (pH), determinados logo após abertura dos silos. O teor de N-NH₃, em percentagem do nitrogênio total e pH, foi estimado segundo Cunniff (1995), no qual parte da silagem *in natura* (50 g) foi triturada com 200 mL de água, em liquidificador industrial, e filtrada em gaze para extração do meio aquoso, que foi utilizado imediatamente para análise de N-NH₃ e pH. O N-NH₃ foi dosado mediante utilização do óxido de magnésio e cloreto de cálcio. O pH foi medido utilizando-se potenciômetro digital.

As amostras coletadas em cada silo foram devidamente identificadas, acondicionadas e armazenadas em freezer a uma temperatura de menos 10°C. Posteriormente, em momento oportuno, partes das amostras foram descongeladas à temperatura ambiente, para que se procedesse a pré-secagem em estufa com ventilação forçada e temperatura controlada (60°C por 72 horas). Em seguida, o material foi moído em moinho de facas (tipo *Willey*) com peneiras de malha de 1 mm, na sequência, as amostras processadas foram submetidas a análises para estimação dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT),

proteína bruta (PB), lignina, extrato etéreo (EE), conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). Já os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com os procedimentos descritos por Licitra et al. (1996), sendo expressos como porcentagem do nitrogênio total. As análises para determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST, 1967) foram feitas em autoclave, conforme relatado por Pell & Schofield (1993).

O teor de fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDN_{cp}) foi realizado segundo recomendações de Mertens (2002). Os carboidratos totais (CT) foram estimados segundo Sniffen et al. (1992), como: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinza)$. Os teores de carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinza e proteína (CNF_{cp}) foram calculados como proposto por Hall (2003), sendo: $CNF_{cp} = (100 - \%FDN_{cp} - \%PB - \%EE - \%cinza)$.

A estimação dos teores dos nutrientes digestíveis totais (NDT), conforme descrito por Weiss et al. (1992), com modificações sugeridas pelo NRC (2001), representadas pelas equações a seguir:

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

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

$$FAP; PBD = PB [-1,2 \times (PIDA/PB)];$$

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

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

* se a FDN for determinada adicionando-se sulfito de sódio, não subtrair o PIDN; em que: CNFD = carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBD = proteína bruta verdadeiramente digestível; AGD = ácidos graxos verdadeiramente digestíveis; FDND = FDN verdadeiramente digestível; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; FAP = fator de ajuste de processamento, neste caso, igual a 1; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido e Lig = lignina.

A digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) foi avaliada pelo método de incubação *in situ*, com as respectivas repetições, por um período de 48 horas, utilizando-se um novilho mestiço Holandês × Gir, com 280 kg de peso corporal, castrado, devidamente identificado e canulado no rúmen.

As amostras utilizadas na incubação ruminal foram moídas em peneira com crivos de 1mm e acondicionadas em sacos de tecido-não-tecido (TNT), com dimensão de 5 × 5 cm, em quantidade de aproximadamente 0,5 g de MS/saco, buscando-se manter relação próxima de 20 mg de MS/cm² de área superficial do saco (NOCEK, 1998). Após 48 horas de incubação ruminal, todos os sacos foram lavados manualmente em água corrente, até o momento em que a água ficasse transparente, em seguida foram secos em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 72 horas, e imediatamente pesados para determinação da digestibilidade *in situ* da matéria seca.

Para as frações que compõe os carboidratos, estimou-se da seguinte forma: as frações A+B1 correspondem aos carboidratos não-fibrosos corrigido para cinza e proteína (CNFcp). Já para a fração C, foi estimada pela FDN indigestível, após 240 horas de incubação *in situ* (CASALI et al., 2008), logo, a fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

As frações proteicas foram obtidas conforme método descrito por AOAC (1995). A fração A, que corresponde ao nitrogênio não proteico (NNP), foi determinada a partir da adição de água destilada (5 mL), em aproximadamente 0,5 g de amostra, deixando a solução em repouso por 30 minutos. Após decorrer o tempo, o material foi centrifugado a 10.000 rpm, por 20 minutos. Em seguida, adicionou-se solução de ácido tricloroacético - TCA (5 mL) a 20% e deixou-se descansar por 3 horas. Decorrido o período, o material foi novamente centrifugado a 10.000 rpm, por 20 minutos, coletando-se 2 mL do sobrenadante e transferido para um tubo de determinação de nitrogênio. Procedeu-se então a estimativa normal do teor de nitrogênio no líquido pelo método MicroKjeldahl, para quantificação dos compostos nitrogenados não proteicos. A fração B3 da proteína foi obtida pela diferença entre NIDN e NIDA, e para fração C foi considerado o NIDA, ao passo que a proteína verdadeira solúvel em detergente neutro (frações B1+B2) foi obtida pela diferença entre as frações A, B3 e C como se segue: $B1+B2 = 100 - [NNP + (NIDN - NIDA) + NIDA]$.

De maneira resumida, as frações proteicas foram estimadas como se segue: Fração A = NNP;

Frações (B1+B2) = $100 - [NNP + (NIDN - NIDA) + NIDA]$;

Fração B3 = NIDN – NIDA;

C = NIDA.

O efeito das doses da torta de algodão foi interpretado por meio das análises de variância e regressão, utilizando o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (RIBEIRO JÚNIOR, 2001), já a comparação dos contrastes formados entre a silagem de capim-elefante emurchecido e as silagens de capim-elefante contendo torta de algodão foi realizada pelo teste de Dunnett (1955), utilizando o Statistical Analyses System (SAS, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o potencial hidrogeniônico (pH) das silagens de capim-efefante, contendo 0, 6 ou 12% de torta de algodão, não se verificou diferença ($P>0,05$) ao serem comparadas com a silagem de capim-efefante emurhecido, na qual apresentaram valores médios de pH, respectivamente, de 3,6; 3,7; 3,9 e 3,7. A silagem contendo 18% de torta de algodão, entretanto, apresentou pH superior (4,2), diferindo ($P<0,05$) da silagem emurhecida (Tabela 2). Apesar dessas pequenas variações, os valores de pH apresentados encontram-se dentro de patamar adequado à conservação, uma vez que, segundo Mc Donald et al. (1991), silagens de boa qualidade podem apresentar pH entre 3,6 a 4,2.

A redução do pH das silagens, emurhecida e não emurhecida (0% torta de algodão), provavelmente, ocorreu devido ao teor de CNFcp, respectivamente, de 7,6 e 11,1% (Tabela 1), que apesar de serem baixos, proporcionaram queda no pH, sobretudo, na silagem emurhecida, pois segundo Jobim et al. (2007), silagens de materiais com baixo teor de umidade ou silagem de forragem emurhecida, invariavelmente, apresentam valores de pH elevados, acima de 4,2, valor anteriormente utilizado para classificar silagem como de baixa qualidade, porém não foi observada essa tendência no presente trabalho.

Tabela 2 Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH₃), perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perdas totais (PT), índice de recuperação da matéria seca (IRMS) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-efefante emurhecido e das silagens de capim-efefante não emurhecido aditivado com torta de algodão

Item	Capim-efefante emurhecido	Torta de algodão (%)				CV (%)
		0	6	12	18	
pH	3,7	3,6	3,7	3,9	4,2*	6,2
N-NH ₃ ¹	10,4	9,5	5,9*	3,3*	3,4*	13,0
PG ²	10,1	1,0*	5,0*	2,5*	0,7*	4,4
PE ³	30,4	80,3*	34,1	15,6*	6,4*	13,4
PT ²	12,9	8,6*	8,3*	3,9*	1,3*	8,0
IRMS ²	87,0	91,0*	91,5*	96,0*	98,9*	0,7

*Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; ¹Em porcentagem do nitrogênio total; ² Em porcentagem da matéria seca; ³ kg por tonelada de matéria verde (kg/t MV).

Já os resultados obtidos para as silagens contendo torta de algodão surpreenderam, uma vez que o aumento da matéria seca (Tabela 4), possivelmente, interferiu na atividade microbiológica, durante a fase de anaerobiose da ensilagem, bem como os teores de cálcio da torta de algodão que, possivelmente, influenciaram a capacidade tampão da massa ensilada,

dificultando a queda do pH. Esses resultados são reforçados pela observação da equação de regressão que apresentou efeito linear crescente (Tabela 3), sendo que para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada à ensilagem de capim-elefante, verificou-se acréscimo de 0,04 unidades de pH. Contudo, os resultados foram favoráveis, demonstrando o potencial da torta em melhorar a fermentação de forragens com alta umidade.

Apesar de atualmente o pH ser usado apenas como critério para fazer inferências à qualidade de fermentação, Cherney & Cherney (2003) enfatiza que o pH, ainda, permanece como um bom indicador da qualidade de fermentação em silagens com baixo teor de matéria seca, porém não sendo adequado para silagens com alto teor de matéria seca.

Tabela 3 Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH₃), perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perdas totais (PT) e índice de recuperação da matéria seca (IRMS), em função das doses de torta de algodão no capim-elefante não emurchecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r ² /R ²
PH	$\hat{Y} = 3,53375 + 0,0445833^{**} \times TA$	7,4	52,3
N-NH ₃ ¹	$\hat{Y} = 9,59454 - 0,847410^{**} \times TA + 0,0292867^{**} \times TA^2$	14,4	91,2
PG ²	$\hat{Y} = 1,32653 + 0,671684^{**} \times TA - 0,0403978^{**} \times TA^2$	7,3	76,3
PE ³	$\hat{Y} = 74,3906 - 4,29345^{**} \times TA$	5,8	88,9
PT ²	$\hat{Y} = 9,27682 - 0,431763^{**} \times TA$	7,4	93,5
IRMS ²	$\hat{Y} = 90,0959 + 0,471680^{**} \times TA$	0,7	90,5

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ¹Em porcentagem do nitrogênio total; ²Em porcentagem da matéria seca; ³Em kg por tonelada de matéria verde (kg/t MV).

Avaliando os teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) da silagem não emurchecida, verificou-se que a mesma apresenta teor similar (P>0,05) ao da silagem não emurchecida, sendo de 9,5 e 10,4% N-total, respectivamente. As silagens contendo 6, 12 ou 18% de torta de algodão, entretanto, apresentaram teores, respectivamente, de 5,9; 3,3 e 3,4% N-total, que diferiram (P<0,05) da silagem emurchecida (Tabela 2). Maiores teores de N-NH₃ são esperados para silagens com alta umidade (Tabela 1), uma vez que a atividade água será alta, tornando o meio propício ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* que, por sua vez, degradam a proteína, havendo maior formação de N-amoniacal.

Os menores teores de N-NH₃, verificados para as silagens aditivadas com torta de algodão, pode ser atribuído ao poder absorvente de umidade que a torta possui, aumentando o teor de MS (Tabela 1) das silagens e, assim, inibindo a proliferação de bactérias que degradam a proteína, sendo esta afirmativa comprovada pela manutenção que houve no teor de proteína na ensilagem e na pós-abertura (Tabelas 1 e 4) para as silagens contendo 6, 12 e 18% de torta de

algodão, reforçando o que foi dito, McDonald et al. (1991), na qual relataram que o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* é inibido com atividade água abaixo de 0,94.

Averiguando a análise de regressão, gerada a partir dos dados quantitativos das silagens contendo diferentes doses de torta de algodão, foi observado comportamento quadrático para o N-NH₃, estimando-se valor mínimo de 3,5% de N-NH₃ para a dose de 14,5% de torta de algodão (Tabela 3). Para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de algodão, verificou-se valores, respectivamente, de 9,6; 5,6; 3,6 e 3,8% de N-NH₃.

Analisando os resultados obtidos para as perdas por gases, foi verificado que todas as silagens diferiram ($P < 0,05$) da silagem emurhecida (Tabela 2). Assim, os valores observados para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de algodão foram, respectivamente, de 1,0; 5,0; 2,5 e 0,7%, sendo inferiores ao observado para a silagem emurhecida de 10,1%. Consideram-se baixas as perdas por gases para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta, demonstrando o grande potencial do aditivo em controlar as perdas por gases, além de incrementar, nutricionalmente, a silagem. O resultado verificado para a silagem não emurhecida é decorrente da maior perda por efluente (Tabela 2), na qual a maior parte dos componentes solúveis é carregada, deixando menor conteúdo fermentescível que, possivelmente, pode ocasionar uma menor perda por gases.

A equação de regressão para a variável dependente perda por gases apresentou comportamento quadrático (Tabela 3), sendo estimado valor máximo de perdas por gases de 4,1% para uma dose de 8,3% de torta de algodão. Outro fator que pode ter contribuído de maneira aditiva às menores perdas por gases foram os baixos teores de carboidratos não fibrosos (Tabela 1) do material, no momento da ensilagem, uma vez que os gases eliminados são frações voláteis resultantes da fermentação dos carboidratos e amônia, que é resultado de uma eventual proteólise.

As perdas por efluente é um parâmetro que mensura a quantidade de componentes solúveis (conteúdo celular) que é lixiviado para o fundo do silo e, nesta solução, estão componentes de alta digestibilidade, além disso, podem ser utilizados pelos microrganismos, contribuindo na conservação da massa ensilada. Neste sentido, verificou-se que a silagem não emurhecida e as contendo 12 ou 18% de torta de algodão apresentaram valores de perdas por efluente, respectivamente, de 80,3; 15,6 e 6,4 kg/t de MV, diferindo ($P < 0,05$) da silagem emurhecida (30,4%), sendo que apenas a silagem contendo 6% de torta de algodão (34,1%) apresentou valor similar ($P > 0,05$) ao da silagem emurhecida (Tabela 2). Diante destes resultados, observa-se que a maior perda por efluente para a silagem não emurhecida foi em decorrência do menor teor de matéria seca (Tabela 1), no entanto, as silagens contendo torta de algodão foram eficientes em absorver o excesso de umidade, assim, a silagem contendo 18% de torta de algodão promoveu uma redução na umidade de 92,0% em relação à silagem não

emurchecida, além disso, o emurchecimento não foi eficiente em controlar as perdas, pois a silagem contendo 6% de aditivo equiparou-se à silagem emurchecida.

Para a equação de regressão, verificou-se que a inclusão de doses crescentes de torta de algodão à ensilagem de capim-elefante ocasionou um efeito linear decrescente para as perdas por efluente (Tabela 3), assim, para cada unidade percentual de torta adicionada à ensilagem, houve uma redução nas perdas por efluente de 4,3 unidades, demonstrando que o aditivo é eficiente em controlar as perdas, podendo ser utilizado sem restrição na produção de silagem de capim-elefante.

Quanto às perdas totais, que permite verificar qual o percentual da massa ensilada foi perdida, seja ela na forma de gás ou efluente, observou-se que as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de algodão, apresentaram valores, respectivamente, de 8,6; 8,3; 3,9 e 1,3% de perdas totais que, por sua vez, diferiram da silagem de capim emurchecida que apresentou 12,9% de perdas totais (Tabela 2). Contudo, as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de algodão apresentaram valores de perdas totais abaixo de 10%, isto advém das menores perdas por gases e efluente, demonstrando que o aditivo tem grande potencial na produção de silagem de forrageiras com alta umidade.

A mesma tendência, observada para as perdas por efluente, ocorreu para as perdas totais, na qual a equação de regressão apresentou efeito linear decrescente (Tabela 3), assim, para cada unidade percentual de torta adicionada à ensilagem, observou-se diminuição de 0,43 unidades para as perdas totais. Então, mediante equação, estimou-se as PT para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de algodão, respectivamente, de 9,3; 6,7; 4,1 e 1,5%. Contrastando os teores de perdas totais da silagem de capim não emurchecida (9,3%) com a silagem contendo 18% de aditivo, verificou-se uma redução nas perdas totais na ordem de 79,6%.

O índice de recuperação de matéria seca é um parâmetro que possibilita avaliar quanto de matéria seca ficou no silo, após período de conservação, então, é interessante que seja recuperado o máximo de matéria seca possível, para que o processo de ensilagem seja eficiente. Diante do exposto, verifica-se que as silagens, não emurchecida, contendo 6, 12 ou 18% de torta de algodão, apresentaram índice de recuperação de matéria seca, respectivamente, de 91,0; 91,5; 96,0 e 98,9% (Tabela 2) que, por sua vez, diferiu ($P < 0,05$) do índice de recuperação de matéria seca, obtido com a silagem emurchecida (87,0%). Estes resultados podem ser explicados em razão das silagens, contendo torta de algodão, apresentarem menores perdas em relação à silagem emurchecida e, assim, proporcionarem maior conservação dos nutrientes e, conseqüentemente, maior índice de recuperação de matéria seca, associado ao fato de que o capim-elefante, destinado ao emurchecimento, permanece no ambiente aumentando o tempo entre o corte e a vedação do silo, o que resulta em maiores perdas, em decorrência do processo

respiratório e da atividade proteolítica da planta, que provoca redução dos substratos fermentáveis e aumento do nitrogênio não-proteico (McDONALD et al., 1991).

Com exceção da silagem emurchecida, todas as silagens apresentaram índice de recuperação de matéria seca acima dos 90%, comprovando que maior eficiência na produção de silagem de forragens com alta umidade, ocorre quando se utiliza aditivos absorventes de umidade, em detrimento à técnica do emurchecimento, uma vez que os valores de perdas (gases, efluente e total) das silagens contendo torta de algodão foram inferiores à silagem emurchecida (Tabelas 2 e 3).

À medida que doses crescentes de torta de algodão foram adicionadas à ensilagem, verificou-se que a equação de regressão para o índice de recuperação de matéria seca apresentou comportamento linear crescente (Tabela 3). De modo que, para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada à ensilagem, houve uma recuperação da matéria de seca de 0,47 unidades percentuais. Assim, para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de algodão, verificou-se índice de recuperação de matéria seca, respectivamente, de 90,1; 92,9; 95,8 e 98,6%.

Constatou-se que a exposição do capim-elefante ao sol, por um período de oito horas, foi eficiente em elevar o teor de matéria seca (MS), como também a inclusão de torta de algodão na ensilagem. Assim, a silagem aditivada com 6% de torta de algodão apresentou teor de MS semelhante ($P>0,05$) ao da silagem emurchecida que foram, respectivamente, de 25,5 e 25,3%. No entanto, os demais tratamentos diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, de modo que a silagem não emurchecida apresentou menor teor de MS (22,7%) e, opostamente, as silagens aditivadas com 12 e 18% de torta de algodão apresentaram maiores teores de MS, respectivamente, de 29,2 e 33,7% (Tabela 4).

A torta de algodão demonstrou ser um ótimo aditivo absorvente de umidade, por apresentar alto teor de MS (92,8%, Tabela 1). Contudo, a inclusão de diferentes doses proporcionou acréscimo linear ($P<0,01$) no teor de MS das silagens (Tabela 5). Sendo verificado que, para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada, acarretou um acréscimo de 0,61 unidades de MS na silagem do capim-elefante. De acordo com a equação de regressão, a dose mínima de torta de algodão a ser adicionado ao capim-elefante para produção de silagem com teor de MS, acima de 25% é de 4,5% (peso/peso).

De maneira geral, pode-se afirmar que a inclusão da torta de algodão, principalmente, nas doses 12 e 18%, foi mais eficiente em diminuir a umidade do capim-elefante do que a técnica do emurchecimento na produção de silagem de capim-elefante. Este fato é comprovado pela observação dos teores de matéria seca, obtidos nas silagens aditivadas que se aproximam dos níveis mais adequados para o processo de ensilagem, uma vez que, Muck (1988) relatou que o teor de matéria seca da forrageira ideal para produção de silagem de bom valor nutritivo é de 30%. Entretanto, o estágio vegetativo em que o capim-elefante apresenta bom valor nutritivo não coincide com esse teor de matéria seca, sendo necessário, portanto, o pré-tratamento

(emurhecimento) antes da ensilagem ou a utilização de alternativas, como o uso de aditivos absorventes de umidade que, nos últimos anos, vem tendo maior destaque, uma vez que a técnica de emurhecimento é muito dispendiosa.

Tabela 4 Valores médios da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de algodão

Item	Capim-elefante emurchecido	Torta de algodão (%)				CV (%)
		0	6	12	18	
MS	25,3	22,7*	25,5	29,2*	33,7*	2,0
MO ¹	92,7	92,1	93,2	93,8*	94,1*	0,5
MM ¹	7,3	7,9	6,8	6,2*	5,9*	7,1
EE ¹	4,3	4,6	4,7	6,3*	8,0*	12,4
PB ¹	4,9	4,5	8,4*	11,0*	14,1*	4,8
NIDN ²	29,4	27,0	20,1*	17,1*	14,5*	7,4
NIDA ²	12,1	10,0*	10,4*	8,9*	9,4*	8,4
NDT ¹	51,1	53,2	51,9	54,4	61,0*	3,7
DISMS ¹	41,6	41,1	43,8	46,4	44,9	6,5

* Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; ¹ Em percentagem da matéria seca; ² Em percentagem do nitrogênio total.

Os teores de matéria orgânica nas silagens, não emurchecida (92,1%) e com 6% de torta de algodão (93,2%) foram semelhantes ($P > 0,01$) ao da silagem emurchecida (92,7%); e de maneira oposta, nas silagens aditivadas com 12 e 18% de torta de algodão, verificou-se maiores ($P < 0,05$) teores de matéria orgânica em relação à silagem emurchecida, apresentando valores, respectivamente, de 93,8 e 94,1% (Tabela 4), demonstrando que a inclusão da torta diminui a proporção forragem:aditivo, que por sua vez, aumenta o teor de matéria orgânica da silagem, tornado-a mais próxima à matéria orgânica da torta de algodão (95,6%, Tabela 2).

A análise de regressão indicou que a adição de doses crescentes de torta de algodão resultou em efeito ($P < 0,01$) linear crescente nos valores de matéria orgânica da silagem. Assim, para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada à ensilagem, houve acréscimo de 0,1 unidade de MO na silagem de capim-elefante (Tabela 5). Este fato é explicado, a princípio, pelo menor teor de minerais na torta de algodão, associado às menores perdas obtidas nas silagens aditivadas (Tabela 2).

Tabela 5 Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), em função das doses de torta de algodão no capim-elefante não emurchecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r ² /R ²
MS	$\hat{Y} = 22,2657 + 0,611765^{**} \times TA$	2,1	97,4
MO ¹	$\hat{Y} = 92,2921 + 0,111730^{**} \times TA$	0,6	70,0
MM ¹	$\hat{Y} = 7,70795 - 0,111730^{**} \times TA$	7,7	70,1
EE ¹	$\hat{Y} = 4,15952 + 0,193440^{**} \times TA$	11,8	75,5
PB ¹	$\hat{Y} = 4,76742 + 0,523744^{**} \times TA$	4,7	98,2
NIDN ²	$\hat{Y} = 25,7633 - 0,678367^{**} \times TA$	9,0	84,9
NIDA ²	$\hat{Y} = 9,69497$	8,3	NS
NDT ¹	$\hat{Y} = 53,1875 - 0,543509^{*} \times TA + 0,0541026^{**} \times TA^2$	3,5	81,6
DISMS ¹	$\hat{Y} = 40,9107 + 0,762777^{**} \times TA - 0,0294517^{*} \times TA^2$	4,7	51,5

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ¹ Em percentagem da matéria seca; ² Em percentagem do nitrogênio total; NS: Não significativo.

Para os teores de matéria mineral verificados entre as silagens produzidas com ou sem torta de algodão, foi observado que as silagens de capim-elefante não emurchecido ou contendo 6% de torta de algodão apresentaram resultados de 7,9 e 6,8%, respectivamente, similares (P>0,05) ao da silagem de capim emurchecido (7,3%). Teores inferiores e diferentes (P<0,05) da silagem emurchecida foram verificados para as silagens contendo 12 e 18% de torta de algodão, na qual os teores foram, respectivamente, de 6,2 e 5,9% (Tabela 4). Estes resultados foram proporcionados devido à torta de algodão conter menor teor de matéria mineral (4,4%) que o capim-elefante (7,8%), assim, com o aumento do percentual de torta de algodão em relação ao capim-elefante ocorreu uma diluição dos teores de matéria mineral das respectivas silagens avaliadas.

A equação de regressão ratifica as explicações anteriores, uma vez que a inclusão de doses crescentes de torta de algodão à ensilagem ocasionou um efeito linear decrescente (Tabela 5). Assim, para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada à ensilagem, verifica-se uma redução de 0,11 unidades na matéria mineral. Contudo, os teores de matéria mineral encontrados nas silagens estudadas encontram-se em patamares normais e as estimativas para as silagens contendo 0, 6, 12 e 18% de torta de algodão foram, respectivamente, de 7,7; 7,0; 6,4 e 5,7%.

A silagem não emurchecida e a silagem contendo 6% de torta de algodão apresentaram teores, respectivamente, de 4,6 e 4,7% de extrato etéreo, valores este que se assemelham ($P>0,05$) aos da silagem emurchecida 4,3%. Foi observado, no entanto, que as silagens aditivadas com 12 e 18% de torta de algodão diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, observando valores superiores, respectivamente, de 6,3 e 8,0% (Tabela 4).

Desta maneira, ao contrastar os teores de extrato etéreo da silagem emurchecida com o da silagem aditivada com 18% de torta de algodão, verificou-se um incremento de 86% no teor de extrato etéreo. Este resultado pode ser explicado devido o alto teor de extrato etéreo, presente na torta de algodão, que é acima de 10% (Tabela 1), conseqüentemente, quanto mais aditivo é acrescentado ao capim maior será o extrato etéreo do produto final (silagem), mantendo uma relação diretamente proporcional. Apesar do componente extrato etéreo contribuir muito no incremento energético de dietas, deve-se ter cuidados em sua manipulação, uma vez que dietas com altos teores de extrato etéreo podem ser prejudiciais para os ruminantes, devido ao efeito deletério sobre a digestibilidade de outros componentes, principalmente, da fibra.

A adição de doses crescentes de torta de algodão ocasionou efeito ($P<0,01$) linear crescente para o extrato etéreo das silagens, sendo que para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada ao capim-elefante ocorreu aumento 0,2 unidades de extrato etéreo na silagem (Tabela 5). Sabe-se que o teor ótimo de extrato etéreo na dieta é 5%, podendo chegar a valores máximos de 7%, ambos com base na matéria seca da dieta, visto que teores superiores aos mencionados podem comprometer a degradação ruminal dos alimentos, muitas vezes propiciado pelo encapsulamento de partículas, impedindo a aderência dos microrganismos ou pelo efeito tóxico do extrato etéreo sobre os microrganismos (saponificação). Desta maneira, através da equação de regressão, estimou-se a dose mínima de inclusão da torta de algodão para obtenção de silagens com teores médios de 5 e 7% de extrato etéreo, sendo, respectivamente, de 4,3 e 14,7% de torta de algodão.

A silagem de capim não emurchecido apresentou teor de proteína bruta similar ($P>0,05$) ao obtido na silagem produzida com o capim-elefante emurchecido, respectivamente, de 4,5 e 4,9%. Todavia, os resultados observados para as silagens aditivadas com 6, 12 e 18% de torta de algodão foram superiores aos obtidos com a silagem emurchecida sendo, respectivamente, de 8,4; 11,0 e 14,1% (Tabela 4). Este resultado obtido se deve ao fato da torta de algodão ser um subproduto de caráter proteico, 34,4% de proteína bruta (Tabela 1), assim, proporcionalmente, os teores de proteína bruta aumentaram com a inclusão das respectivas doses de torta de algodão. Além disso, todas as silagens contendo torta de algodão continham teores de proteína bruta suficientes para promover o crescimento bacteriano ruminal, que é fundamental para a digestibilidade dos alimentos, uma vez que se preconiza um teor mínimo de 1% de nitrogênio, conseqüentemente, 7% de proteína bruta, aproximadamente.

A adição da torta de algodão na ensilagem de capim-elefante aumentou ($P < 0,01$) de forma linear os teores de proteína bruta da silagem (Tabela 5), sendo que, para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada à ensilagem proporcionou um acréscimo de 0,5 unidades de proteína bruta na silagem. Ressalta-se que, na silagem de capim não emurchecido, o teor de proteína bruta não foi preservado, pois a forrageira, antes de ser ensilada, apresentava 5,3% de proteína bruta e, após a abertura dos silos, apenas 4,5%. Provavelmente, o alto teor de umidade do capim-elefante tenha prejudicado a fermentação, propiciando uma maior degradação das proteínas (proteólise), durante o período de fermentação da silagem que, conseqüentemente, reduziu o teor de proteína bruta da silagem de capim não emurchecido. O mesmo fato foi observado para a silagem emurchecida, na qual ocorreu uma redução de 14% no teor de proteína bruta, demonstrando que, apesar da elevação do teor de matéria seca pela exposição ao sol, não foi suficiente para promover uma fermentação adequada. Para as silagens aditivadas com 6 e 12%, também não foi diferente, houve redução no teor de proteína bruta da silagem, respectivamente, de 22,9 e 16,7%, demonstrando que, apesar do aditivo contribuir na redução da umidade, ocorreu perdas por efluente (Tabela 2) que, provavelmente, pode ter carregado parte do nitrogênio. Comportamento diferenciado foi verificado apenas para a silagem aditivada com 18% de torta de algodão, na qual houve manutenção do teor de proteína bruta, antes de ser ensilada e na pós abertura, podendo concluir que esta dose foi eficiente em elevar o teor de matéria seca e reduzir as perdas por efluente, obtendo silagem de qualidade.

Para a variável nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), verificou-se que a silagem não emurchecida (27,0%) apresentou teores semelhantes ($P > 0,05$) ao da silagem emurchecida (29,4%), porém as silagens aditivadas com torta de algodão diferiram ($P < 0,05$) da silagem emurchecida, apresentando teores, respectivamente, de 20,1; 17,1 e 14,5% (Tabela 4). Estes resultados comprovam a tendência de melhoria da qualidade da silagem ao adicionar o aditivo, desta maneira, observa-se que ocorreu um efeito de diluição, uma vez que a torta de algodão apresenta baixo teor NIDN (14,9%) Tabela 1, assim, a inclusão da mesma teve pouca contribuição nos valores de NIDN da silagem, comportamento semelhante também foi observado para o capim-elefante, no momento da ensilagem (Tabela 1).

Pela análise de regressão, pode-se verificar um efeito ($P < 0,01$) linear decrescente para os níveis de inclusão da torta de algodão. Portanto, para cada unidade de torta de algodão adicionada à ensilagem de capim-elefante, foi observada uma redução de 0,68 unidades nos valores de NIDN (Tabela 5), assim, pode-se verificar um efeito inversamente proporcional, na qual é benéfica para o valor nutritivo da silagem e, conseqüentemente, os ruminantes, por diminuir os teores de nitrogênio ligado à fibra.

Comportamento diferente ao encontrado para o teor de NIDN das silagens foi verificado para o teor de NIDA (Tabela 4), pois, dentre as silagens produzidas, a não emurchecida, contendo 6, 12 ou 18 % de torta de algodão, não diferiram entre si ($P > 0,05$), apresentando

teores, respectivamente, de 10,0; 10,4; 8,9 e 9,4%, no entanto, diferiram ($P < 0,05$) da silagem emurchecida (12,1%). Diferentemente do ocorrido com o NIDN, o NIDA da silagem não apresentou efeito de nenhuma proporção, na qual o aumento das doses do aditivo não interferiu nos teores de NIDA, cujo resultado pode ser atribuído ao baixo teor de NIDA (7,9%), encontrado na torta de algodão (Tabela 1).

Do ponto de vista nutricional, valores altos de NIDA não são interessantes porque essa fração representa a quantidade de nitrogênio ligada à celulose, que está incrustada pela lignina, tornando-a indisponível para as bactérias ruminais (VAN SOEST, 1994). O valor médio de NIDA, em função do nitrogênio total das silagens, foi de 10,8%. Verificou-se que, para as silagens, emurchecida e não emurchecida, com 6, 12 ou 18% de torta de algodão, a quantidade de nitrogênio comprometida foi, respectivamente, de 0,08; 0,07; 0,13; 0,18 e 0,23%, valores irrisórios que não são suficientes para comprometer a disponibilidade de nitrogênio ruminal.

O estudo da regressão não revelou o efeito das doses de farelo de algodão sobre os teores de NIDA das silagens (Tabela 5), apresentando um valor médio de 9,7% de NIDA, independente da dose usada. Segundo McDonald et al. (1991), o aquecimento da massa ensilada com a fermentação no interior do silo contribui para a elevação dos teores dessas frações. Contudo, este evento pode não ter interferido nos teores de NIDN e NIDA das silagens, uma vez que, ao contrastar os teores de NIDN e NIDA do material, no momento da ensilagem (Tabela 1), com as respectivas silagens (Tabela 4), verifica-se a manutenção dos teores, desconsiderando as perdas que ocorrem no processo.

Analisado as estimativas dos nutrientes digestíveis totais (NDT), pode-se verificar que as silagens com 0, 6 e 12% de torta de algodão não diferiram ($P > 0,05$) da silagem emurchecida, apresentado valor médio de 52,7%, entretanto, a silagem aditivada com 18% de torta de algodão diferiu ($P < 0,05$) da silagem emurchecida, na qual o valor apresentou ser 19,4% superior (Tabela 4). Assim, esses resultados podem ser explicados, mediante análise das frações que compõe o NDT, de modo que o extrato etéreo foi o componente que teve maior contribuição.

A torta de algodão apresenta elevado teor de extrato etéreo (11,9%), nutriente que apresenta 2,25 vezes mais energia que os carboidratos (Tabela 2). Somente assim, a silagem aditivada com 18% de torta de algodão reúne várias características que corroboram para destacar-se com maior teor de NDT entre as demais silagens. A menor relação forragem:torta de algodão (52,1:47,9% da MS), em relação às demais silagens, contribuiu com maior percentual de extrato etéreo e carboidrato não fibroso. Além disso, devido à torta de algodão ter menor teor de fibra em detergente neutro, de 34,8%, (Tabela 1), sua maior proporção na silagem promoveu redução do teor total de fibra em detergente neutro na silagem, podendo ser confirmado pela equação de regressão (Tabela 6).

Avaliando os fatores quantitativos da variável dependente NDT, verificou-se comportamento quadrático, à medida que se adicionou as doses de torta de algodão ao capim-

elefante, no momento da ensilagem (Tabela 5). Diante do exposto, o valor mínimo de NDT foi de 51,8% para dose de 5,0% de torta de algodão, entretanto, o valor máximo de NDT obtido foi de 61,0% para a dose de 18% de torta de algodão, promovendo uma diferença de 17,8%. Estes resultados confirmam a qualidade e as diferentes possibilidades de utilização do aditivo em melhorar o valor nutritivo de silagens.

Rocha Júnior et al. (2003), avaliando a estimativa do valor energético de alimentos e a validação das equações propostas pelo NRC (2001), observaram valor de NDT predito da silagem de capim-elefante de 50,6%, próximo ao obtido neste estudo (53,2%) na silagem com 0% de torta de algodão. Menor estimativa do teor de NDT (44,8%) foi relatada por Rodrigues et al. (2001), em estudo sobre o valor nutritivo do capim-elefante. Esses resultados se devem, provavelmente, ao estágio de maturação mais avançado do capim utilizado pelos autores (75 dias de crescimento) em relação ao utilizado neste experimento (60 dias de crescimento).

A estimativa da digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) observada para silagem emurhecida (41,6%) foi similar ($P>0,05$) à obtida para as silagens, contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de algodão que foram, respectivamente, de 41,1; 43,8; 46,4 e 44,9% (Tabela 4). Todas as silagens, independente do tratamento, apresentaram digestibilidade inferior a 50%, além disso, a digestibilidade não está em função, apenas, do alimento como também do ambiente ruminal, assim, uma das prováveis explicações pode estar em função dos teores de lignina (Tabela 6), que foram semelhantes entre as silagens, e esta influencia diretamente a digestibilidade dos alimentos.

A adição de níveis crescentes de torta de algodão ocasionou um efeito quadrático na DISMS das silagens (Tabela 6). Mediante equação de regressão, verificou-se que a DISMS máxima (45,9%) foi alcançada com a dose de 12,9%. Inversamente, a DISMS mínima foi de 40,9% para a silagem sem aditivo. Contrastando a DISMS máxima com a mínima, pode-se comprovar a melhoria na eficiência de utilização dos nutrientes da silagem de capim-elefante ao ser aditivado com torta de algodão, muito embora seja devido à maior concentração de nitrogênio encontrado na silagem com torta de algodão. Estimados pela equação de regressão (Tabela 6), os valores de DISMS, para as silagens com 0, 6, 12 e 18% de torta de algodão, foram de, respectivamente, 40,9; 44,4; 45,8 e 45,1%.

Foi observada tendência semelhante para as estimativas da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDNcp), Tabela 6. As silagens produzidas, exclusivamente, com capim-elefante, emurhecida e não emurhecida, apresentaram maiores teores destas frações e não diferiram ($P>0,05$) entre si, sendo 80,0 e 80,6% de FDN e 78,8 e 78,6% de FDNcp, respectivamente. Contudo, valores inferiores e diferentes ($P<0,05$) ao encontrado na silagem de capim emurhecido foram verificados nas silagens produzidas com 6, 12 e 18% de torta de algodão, que para FDN foram,

respectivamente, de 74,4; 70,8 e 69,3%. Já para FDNcp foram, respectivamente, de 73,0; 69,4 e 67,6%.

Nutricionalmente, teores elevados de FDN não são desejados em dietas para ruminantes. Apesar dos microrganismos ruminais converterem fibra em energia (ácidos graxos voláteis), existem trabalhos (HUBNER et al., 2007; CARVALHO et al., 2006) relatando seu efeito deletério sobre o consumo, quando presente no alimento em altas concentrações, podendo causar repleção ruminal. Em consonância com a afirmativa, destaca-se a melhoria ocorrida na fração fibrosa das silagens aditivadas devido à inclusão da torta de algodão, o qual possui baixo teor de FDN (34,8%) e FDNcp (32,3%), em detrimento ao capim elefante (Tabela 2), FDN (78,0%) e FDNcp (76,6%), ocorrendo uma relação inversa, na qual a inclusão do aditivo contribuiu na diminuição do teor de FDN das silagens.

Tabela 6 Valores médios da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de algodão

Item	Capim-elefante emurchecido	Torta de algodão (%)				CV (%)
		0	6	12	18	
FDN ¹	80,0	80,6	74,4*	70,8*	69,3*	3,4
FDNcp ¹	78,8	78,6	73,0*	69,4*	67,6*	3,5
FDA ¹	67,8	59,9*	64,2	57,0*	51,7*	4,3
Hemicelulose ¹	12,2	20,7*	10,2	14,6	17,3*	12,2
Celulose ¹	57,0	53,9*	53,6*	45,6*	39,4*	2,7
Lignina ¹	10,0	9,3	10,7	11,2	9,7	8,8
CT ¹	83,3	83,0	80,2*	76,4*	72,1*	1,7
CNFcp ¹	4,4	4,1	7,2*	7,7*	6,8*	11,4

* Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; ¹ Percentagem da matéria seca.

A análise de regressão comprovou que a adição da torta de algodão ao capim-elefante para produção de silagem resultou em um efeito de diminuição linear nos teores de FDN e FDNcp (Tabela 7). Assim, para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada ao capim, verificou-se uma redução de 0,63 unidades de FDN e 0,61 unidades de FDNcp. Para as doses 0, 6, 12 e 18%, as estimativas de FDN foram, respectivamente, de 79,4; 75,6; 71,9 e 68,1%, verificando uma redução de 16,6% entre a dose 0 e 18%. Para FDNcp, foram, respectivamente, de 77,6; 74,0; 70,3 e 66,6%, na qual permaneceu o mesmo percentual de redução (16,5%).

Como demonstrado na Tabela 6, o teor de fibra em detergente ácido (FDA) da silagem emurchecida e contendo 6% de torta de algodão foram semelhantes ($P>0,05$) com valores, respectivamente, de 67,8 e 64,2%. Inversamente, comportaram-se as médias das silagens aditivadas com 0, 12 e 18% de torta de algodão com estimativas, respectivamente, de 59,9; 57,0 e 51,7% que, por sua vez, foram inferiores. Considerando apenas os níveis de inclusão da torta de algodão ao capim-elefante, verificou-se que as médias apresentaram efeito linear decrescente ($P<0,01$), sendo que, para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada ao capim-elefante, foi verificado uma redução de 0,53 unidades de FDA. Avaliando a composição químico-bromatológica dos alimentos, antes da ensilagem (Tabela 1), verifica-se que a torta de algodão possui teor de FDA (30,9%), inferior ao do capim-elefante (57,7%), assim, esperava-se pequena redução ou nenhuma alteração desta fração nas silagens.

Tabela 7 Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF), em função das doses de torta de algodão no capim-elefante não emurchecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r^2/R^2
FDN ¹	$\hat{Y} = 79,4001 - 0,625028^{**} \times TA$	3,8	70,7
FDNcp ¹	$\hat{Y} = 77,6447 - 0,610919^{**} \times TA$	3,9	70,9
FDA ¹	$\hat{Y} = 62,9844 - 0,530288^{**} \times TA$	4,6	51,9
Hemicelulose ¹	$\hat{Y} = 20,5391 - 1,86897^{**} \times TA + 0,0964852^{**} \times TA^2$	12,3	66,3
Celulose ¹	$\hat{Y} = 49,6474 + 0,752702^{*} \times TA - 0,0757016^{**} \times TA^2$	3,0	85,7
Lignina ¹	$\hat{Y} = 9,24223 + 0,390141^{**} \times TA - 0,0198491^{**} \times TA^2$	8,1	51,0
CT ¹	$\hat{Y} = 83,3651 - 0,605454^{**} \times TA$	1,7	92,0
CNFcp ¹	$\hat{Y} = 4,25388 + 0,551223^{**} \times TA - 0,0233755^{**} \times TA^2$	10,8	76,1

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ¹ Percentagem da matéria seca.

Para a hemicelulose, verificou-se que as silagens contendo 6 e 12% de torta de algodão apresentaram teores similares ($P>0,05$), respectivamente, de 10,2 e 14,6%, à silagem de capim emurchecido (12,2%), porém os tratamentos, silagem de capim não emurchecido e silagem contendo 18% de torta de algodão apresentaram teores, respectivamente, de 20,7 e 17,3% que, por sua vez, diferiu ($P<0,05$) da silagem emurchecida (Tabela 6). Contudo, fica evidente que, para a silagem não emurchecida, houve uma maior perda por efluente (80,3 kg/t MV), Tabela 2, e, por este motivo, o percentual dos componentes insolúveis aumentou, explicando o fato ocorrido. Já para a silagem contendo 18% de torta de algodão é possível que a maior quantidade de torta na silagem, em detrimento às demais, possa ter contribuído no incremento observado,

associado à maior manutenção deste nutriente, devido à melhor conservação proporcionada neste tratamento.

Verificou-se comportamento quadrático para os teores de hemicelulose das silagens em função das doses (0, 6, 12, e 18%) de torta de algodão, sendo observado valor mínimo de 11,5% de hemicelulose para a dose de 9,7% de torta de algodão (Tabela 8). Os teores de hemicelulose estimados pela equação de regressão foram de 20,5; 12,8; 12,0 e 18,2%, respectivamente, para as silagens aditivadas com 0, 6, 12, e 18% de torta de algodão.

O teor de celulose das silagens produzidas com 0, 6, 12 ou 18% de torta de algodão apresentaram valores, respectivamente, de 53,9; 53,6; 45,6 e 39,4% e, assim, diferiram ($P < 0,05$) da silagem emurchecida (57,0%). Pode-se verificar que todos os teores de celulose foram inferiores ao da silagem emurchecida (Tabela 6), uma vez que a torta de algodão apresentou a metade da quantidade de celulose presente no capim-elefante (Tabela 1), demonstrando que, por efeito de diluição a torta de algodão possibilita redução dos constituintes da parede celular, sendo que esta tendência foi verificada para FDN, FDNcp e FDA.

Diante das doses de torta de algodão (0, 6, 12 e 18%) adicionada à ensilagem, verificou-se comportamento quadrático para a celulose, observando-se valor máximo de 51,5% de celulose para uma dose de 5% de torta de algodão (Tabela 7). Estimou-se valores de 49,6; 51,2; 47,8 e 38,7% de celulose das silagens, contendo 0, 6, 12 e 18% de torta de algodão. Além disso, verifica-se a manutenção do teor de celulose entre o material na ensilagem e na abertura, para a silagem contendo 18% de torta de algodão (Tabela 1), sendo essa boa conservação dos nutrientes correlacionada às baixas perdas (Tabela 2).

Para todas as silagens produzidas com capim-elefante, contendo diferentes doses de torta de algodão (0, 6, 12 e 18%), os teores de lignina apresentaram-se, estatisticamente, similares ao da silagem de capim-elefante emurchecido, sendo os valores observados de 9,3; 10,7; 11,2; 9,7 e 10,0%, respectivamente. Estes resultados podem ser atribuídos à semelhança na concentração de lignina do capim-elefante (10,0%) e torta de algodão (8,4%) e, assim, a inclusão da torta de algodão não proporcionou modificações no teor da lignina das silagens (Tabela 6).

A lignina é um composto fenólico considerada como um dos principais constituintes da parede celular que limita a degradação da fração fibrosa de forrageiras, principalmente, as tropicais, porém os teores observados neste trabalho encontram-se abaixo de 11,2%, podendo ser considerado baixo para um subproduto. Na análise de regressão, observou-se comportamento quadrático para este componente nas silagens, sendo assim, foi verificado um teor máximo de lignina de 11,2%, para a dose de 9,8% de torta de algodão (Tabela 2).

Com o advento do sistema detergente proposto por Van Soest (1991), tornou-se possível fracionar a fibra para melhor entender sua constituição e correlacioná-la a possíveis implicações à nutrição animal, bem como uma divisão dos carboidratos em totais (CT) e carboidratos não

fibrosos (CNF). Assim, foi verificado que não houve diferença ($P>0,05$) para teores de CT, entre as silagens não emurchecida e emurchecida, as quais apresentaram um teor médio de 83,0%. Entretanto, as silagens contendo 6, 12 e 18% diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, apresentando teores, respectivamente, de 80,2; 76,2 e 72,1% (Tabela 6). Esses resultados são reforçados pela equação de regressão que apresentou efeito linear decrescente com a inclusão das doses de torta de algodão. Verificou-se que, para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada ao material, no momento da ensilagem, houve uma diminuição 0,61 unidades de CT. Contudo, para as silagens contendo 0, 6, 12 e 18% de torta de algodão, as estimativas do CT foram, respectivamente, de 83,0; 79,7; 76,1 e 72,5%, estabelecendo uma redução entre a maior e menor média de 14,5%.

Estes resultados podem estar relacionados à utilização dos carboidratos solúveis pelas bactérias, durante a fase anaeróbica, e pouco provável que seja pelas perdas (gás ou efluente), pois, à medida que se aumentou as doses do aditivo, as perdas foram controladas (Tabela 2). Outro fator peculiar são os maiores teores de CT para as silagens, não emurchecida e emurchecida, porém vale ressaltar que dos 83,0% de CT que apresentam, cerca de 80,0% é constituído por carboidratos fibrosos.

Para os carboidratos não fibrosos, corrigidos para cinza e proteína (CNFcp), verificou-se que os resultados, mediante teste de comparação entre médias, apresentaram mesma tendência observada nos CT. De modo que, a silagem não emurchecida apresentou teor (4,1%) similar ($P>0,05$) à silagem emurchecida (4,4%), enquanto que as silagens contendo 6, 12 e 18% de torta de algodão apresentaram valores diferentes ($P<0,05$) e superiores ao da silagem emurchecida, respectivamente, de 7,2; 7,7 e 6,8% (Tabela 6). Esse aumento gradual era esperado, uma vez que a torta de algodão apresentou maior teor de CNFcp (17,5%), em relação ao capim-elefante (11,1%), apesar da diferença ser de apenas 6,4 pontos percentuais (Tabela 1), à medida que se aumentou as doses de torta de algodão, houve diminuição da relação forragem: torta, o que pode ter ocasionado este aumento.

A equação de regressão para as estimativas dos teores de CNFcp em função das doses crescentes de torta de algodão, apresentou comportamento quadrático (Tabela 7), sendo verificado valor máximo de CNFcp de 7,5% para a dose de 11,8% de torta de algodão. No material antes da ensilagem (Tabela 1), verificou-se, para as doses 0, 6, 12 e 18% de torta de algodão, teores, respectivamente, de 11,1; 9,2; 10,4 e 10,9%, ao contrastar com os respectivos teores encontrados na silagem (Tabela 6), percebeu-se que houve utilização deste nutriente e, possivelmente, foi feita pelos microrganismos, durante o período de anaerobiose. Porém, de modo geral, todas as silagens apresentaram baixos teores de CNFcp, menor que 10%, e este pode ser um fator que venha a comprometer a produção de ácidos orgânicos que, por sua vez, conservam a silagem.

Do ponto de vista nutricional, as silagens apresentam proporções entre CT e CNF muito equidistantes, podendo causar efeitos negativos tanto sobre a dieta quanto na fermentação da massa ensilada. Nas dietas, os carboidratos rapidamente fermentescíveis em quantidades adequadas tornam mais eficientes à transformação do N-livre em N-microbiano no rúmen pelo maior fornecimento de cetoácidos para esta conversão, enquanto na silagem proporciona uma queda rápida de pH pelo maior aporte de substrato aos microrganismos que, por sua vez, produzem ácidos orgânicos que conferem abaixamento de pH.

A fração A+B1 dos carboidratos não variou entre as silagens de capim-elefante emurchecido e não emurchecido, pois apresentaram teor similar ($P>0,05$) desta fração (Tabela 8). Isto pode ser explicado pela semelhança no teor de FDN_{CP} entre esses tratamentos (Tabela 1). Contudo, os valores observados para as silagens de capim-elefante contendo 6, 12 e 18% de torta de algodão foram superiores ($P<0,05$) ao do tratamento emurchecido. As maiores frações solúveis em detergente neutro (A+B1), observadas para as silagens com torta de algodão, ocorreram em função do menor teor de FDN_{CP} observado para a torta de algodão em relação ao capim-elefante (Tabela 1).

Tabela 8 Valores médios de carboidratos totais (CT), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (C), bem como as frações proteicas correspondentes ao nitrogênio não proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3), fração não digestível (C) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de algodão

Item	Capim-elefante emurchecido	Torta de algodão (%)				CV (%)
		0	6	12	18	
CT (%MS)	83,3	83,0	80,2*	76,4*	72,1*	1,7
PB (%MS)	4,9	4,5	8,4*	11,0*	14,1*	4,8
Frações dos carboidratos (% CT)						
A + B1	4,4	4,1	7,2*	7,0*	6,8*	11,5
B2	53,2	49,1	58,5	56,3	58,4	7,2
C	42,4	46,8	34,3	36,7	34,8	10,4
Frações de proteicas (% NT)						
A	50,2	52,5	56,6*	53,1	48,1	3,7
B1 + B2	20,4	20,5	23,3	29,8*	37,5*	9,4
B3	14,3	17,0	9,6*	8,1*	5,1*	14,8
C	15,1	10,0*	10,4*	8,9*	9,4*	8,4

* Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Carvalho et al. (2007a) que, ao determinarem as frações que compõem os carboidratos da silagem de capim-elefante emurchecido ou acrescida de farelo de cacau (%MN), verificaram que a fração A+B1 dos carboidratos elevou-se, quando níveis crescente (0, 7, 14, 21 e 28 % de farelo de cacau) deste subproduto foi adicionado ao capim-elefante.

Por meio da análise de regressão, observou-se comportamento quadrático para a fração A+B1 dos carboidratos (Tabela 9), estimando-se teor máximo de 7,5% para a dose de 11,7% de torta de algodão. Esses resultados apresentaram mesma tendência dos observados para o teor de CNFcp (Tabela 7), uma vez que, com a dose 11,7% de torta de algodão obteve-se o máximo teor da fração A+B1 dos carboidratos, assim como o máximo teor de CNFcp.

Tabela 9 Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (C), bem como as frações proteicas correspondentes ao nitrogênio não proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C), em função das doses de torta de algodão no capim-elefante não emurchecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r ² /R ²
Frações dos carboidratos (% CT)			
A + B1	$\hat{Y} = 4,49138 + 0,507473^{**} \times TA - 0,0216394^{**} \times TA^2$	9,2	77,5
B2	$\hat{Y} = 55,7535$	7,6	NS
C	$\hat{Y} = 37,91440$	11,0	NS
Frações proteicas (% NT)			
A	$\hat{Y} = 52,7756 + 0,871049^{**} \times TA - 0,0639349^{**} \times TA^2$	2,5	83,6
B1 + B2	$\hat{Y} = 19,1594 + 0,958146^{**} \times TA$	7,7	89,2
B3	$\hat{Y} = 15,5649 - 0,622430^{**} \times TA$	15,4	82,8
C	$\hat{Y} = 9,69497$	8,3	NS

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; NS: Não significativo.

A fração A+B1 da silagem de capim-elefante não emurchecido representou apenas 5,4% dos carboidratos totais. Contudo, para a silagem com torta de algodão, foi estimado que, no nível máximo de 11,7% de torta de algodão, as frações solúveis em detergente neutro (A+B1) representou 9,8% dos carboidratos totais, indicando, assim, que a utilização de torta de algodão na ensilagem de capim-elefante provocou aumento desta fração.

Alimentos com elevada proporção da fração A+B1 são considerados boas fontes de energia para o crescimento de microrganismos que utilizam CNF. Contudo, é necessária a

inclusão de fontes proteicas de rápida e média degradação no rúmen, quando a fração A+B1 compõe a principal fração dos carboidratos da dieta, objetivando a sincronização entre a liberação de energia e nitrogênio (VALADARES FILHO, 2000).

No tocante ao teor da fração B2 (% CT), os valores obtidos para as silagens aditivadas com torta de algodão foram similares ($P>0,05$) ao encontrado para a silagem de capim-elefante emurchecido (Tabela 8), sendo observado valor médio de 55,1%. A análise de regressão também não detectou efeito significativo das doses de torta de algodão sobre essa variável (Tabela 9), sendo verificado valor médio de 55,8% de fração B2 (%CT). Corroborando com este resultado, foram os relatados por Carvalho et al. (2007a) que, ao avaliarem o fracionamento de carboidratos e de silagem de capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau, verificaram, para o valor da fração B2, teor de 55,1% para a silagem de capim-elefante emurchecido. Esse resultado está relacionado às características químicas do capim-elefante utilizado neste trabalho (Tabela 1), que foram semelhantes às do capim-elefante utilizado por esses autores, principalmente, quanto aos teores de matéria seca, carboidratos totais e fibra em detergente neutro.

Pires et al. (2009) trabalharam com capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca; fracionaram os carboidratos da silagem de capim-elefante do tratamento controle (não emurchecido e sem aditivo) e observaram valores da fração B2 (% CT) de 68,9%. No presente trabalho, encontrou-se menor teor médio da fração B2 em relação aos encontrados pelos autores, isto pode ser explicado devido ao menor teor de hemicelulose do capim-elefante, utilizado neste experimento, uma vez que, na fração B2, está contida a porção digestível da parede celular (SNIFFEN et al., 1992). Embora a porção contida na fração B2 seja digestível, Russell et al. (1992) relataram que alimentos com elevado teor desta fração demandam nitrogênio não proteico para atender os requisitos de nitrogênio dos microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais.

Com relação à fração C dos carboidratos, representado pela fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), não verificou-se diferença ($P>0,05$) entre a silagem de capim-elefante emurchecido e as silagens aditivadas com torta de algodão (Tabela 8). Entretanto, mesma tendência foi observada para a análise de regressão, na qual não detectou efeito para o FDNi, em função dos níveis de torta de algodão adicionados ao capim-elefante (Tabela 9), sendo verificado um valor médio de 37,9%.

O FDNi compreende a porção da parede celular vegetal que não é digerida ao longo de sua permanência no trato digestório (SNIFFEN et al., 1992), uma vez que encontra-se associado a um polímero fenólico (lignina), que limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular no rúmen.

A similaridade da fração C entre a silagem emurchecida e as aditivadas com 0, 6, 12 e 18% de torta de algodão pode ser explicada devido à semelhança no teor de lignina entre o

capim-elefante utilizado na ensilagem e a torta de algodão (Tabela 1), conseqüentemente, também contribuiu para não evidência da diferença estatística no teor de lignina nas silagens estudadas (Tabela 6).

Em relação às frações proteicas (%PB) das silagens (Tabela 8 e 9), a fração A ou teor de nitrogênio não proteico (NNP), obtida para a silagem aditivada com 6% de torta de algodão, diferiu ($P < 0,05$) da silagem testemunha (silagem emurhecida) apresentando média de 56,6%. Enquanto as silagens aditivadas com 0, 12 e 18% de torta de algodão apresentaram teores de NNP inferiores, respectivamente, de 52,5; 53,1 e 48,1% e, estatisticamente, semelhantes à silagem de capim-elefante emurhecida (50,2%).

O estudo de regressão mostrou comportamento quadrático para a fração A, em função das doses (0, 6, 12 e 18%) de torta de algodão, estimando valor máximo de 55,7% para a dose de 6,8% de torta de algodão. A adição de 6% de torta de algodão ao capim-elefante não foi eficiente em diminuir o teor de umidade do material ensilado (Tabela 1), o que, provavelmente, favoreceu a proliferação de bactérias do gênero *Clostridium* que, associado ao elevado teor de PB (34,4%) da torta de algodão, proporcionou uma maior proteólise com conseqüente elevado teor de nitrogênio não proteico. Por outro lado, o teor de umidade da silagem emurhecida foi estatisticamente semelhante ($P > 0,05$) ao da silagem aditivada com 6% de torta de algodão (Tabela 3), porém o baixo teor proteico do capim-elefante (5,7 % PB) favoreceu menor proteólise.

Segundo Russel et al. (1992), fontes de nitrogênio não proteico são fundamentais para um bom funcionamento ruminal, uma vez que os microrganismos ruminais fermentadores de carboidratos estruturais utilizam amônia como fonte de nitrogênio. Porém, altas concentrações de nitrogênio não proteico podem resultar em perdas nitrogenadas, caso ocorra falta de esqueleto de carbônico prontamente disponível para a síntese de proteína microbiana.

Os valores de B1+B2, obtidos para as silagens emurhecida e aditivadas com 0 e 6% de torta de algodão (20,4; 20,5 e 23,3, respectivamente), foram estatisticamente semelhantes ($P > 0,05$), enquanto os demais tratamentos com adição de torta de algodão (12 e 18%) foram diferentes ($P < 0,05$), respectivamente, de 29,8 e 37,5% (Tabela 8).

A inclusão de torta de algodão na ensilagem de capim-elefante provocou efeito linear crescente ($P < 0,01$) para as frações proteicas de rápida e intermediária degradação (B1+B2), estimando-se aumento de 0,9 unidades para cada unidade percentual de torta de algodão adicionada à ensilagem (Tabela 9). Tal comportamento já era esperado, pois o coproduto utilizado apresenta alto teor de proteína bruta, que promoveu aumento nos teores de proteína das silagens, à medida que se elevou a adição de torta de algodão ao capim-elefante (Tabela 8).

Para a fração B3 (%NT), observou-se que, apenas a não emurhecida foi similar ($P > 0,05$) ao tratamento emurhecido, respectivamente, de 17,0 e 14,3 %. As silagens contendo 6, 12 e 18% de torta de algodão apresentaram teores da fração B3, respectivamente, de 9,6; 8,1

e 5,1%, significativamente inferior ($P < 0,05$) ao da silagem produzida com capim-elefante emurchecido. No estudo de regressão, detectou-se decréscimo linear nos valores de B3 em função das doses de torta de algodão (Tabela 9). Sendo verificado que, para cada unidade percentual de torta adicionada à ensilagem, ocorreu uma redução de 0,62 unidades da fração B3.

De acordo com os resultados obtidos, tudo indica que a inclusão da torta de algodão, provavelmente, reduz a proteína não degradada no rúmen, uma vez que baixos teores da fração B3 foram encontrados nas silagens (Tabela 8). A fração B3 representa a proteína potencialmente degradável existente na estrutura biológica da parede celular que apresenta lenta taxa de degradação no rúmen, com elevada taxa de escape, dessa forma, pode ser caracterizada como uma potencial fonte de aminoácidos no intestino delgado (SNIFFEN et al., 1992).

O maior valor da fração C (%NT) foi observado para a silagem de capim-elefante emurchecido (15,1%) que se diferiu, estatisticamente ($P < 0,05$), das silagens aditivadas com 0, 6, 12 e 18% de torta de algodão, apresentando média de 10,0; 10,4; 8,9 e 9,4%, respectivamente, (Tabela 8). Ao avaliar a fração C, em função das doses de torta de algodão para a silagem não emurchecida, verifica-se que esta não foi influenciada pela adição da torta de algodão, apresentando valor médio de 9,7% (Tabela 9). A fração C é conhecida como nitrogênio insolúvel em detergente ácido, considerada como não degradável. Segundo Sniffen et al. (1992), a fração C contém proteína associada à lignina e aos taninos e às chamadas proteínas danificadas pela ação do calor, tais como produtos originados da reação de Maillard.

O teor médio da fração indigestível (9,7%) encontrado no presente estudo é semelhante ao valor médio encontrado por Oliveira (2008) que, ao determinar as frações proteicas da silagem de capim-elefante acrescida de farelo de mandioca, verificou teor médio de 9,0% da fração C.

4 CONCLUSÕES

O emurchecimento do capim-elefante pela exposição ao sol não é eficiente em reduzir o teor de umidade da forragem e, assim, proporciona maiores perdas (gás, efluente e total) com consequente produção de silagem de baixo valor nutritivo.

A torta de algodão pode ser considerada um bom aditivo para absorção da umidade do capim-elefante e proporcionar a obtenção de silagem com alto valor nutritivo, sobretudo, na dose de 18% por incrementar a proteína bruta, o extrato etéreo e os nutrientes digestíveis totais.

No fracionamento dos carboidratos, a utilização de torta de algodão na ensilagem de capim-elefante proporciona aumento na fração A+B1, considerados boas fontes de energia para o crescimento de microrganismos que utilizam os carboidratos não fibrosos, enquanto, para o fracionamento de proteína, incrementa as frações de rápida e intermediária degradação.

5 REFERÊNCIAS

- AMORIM, P.Q.R. DE. **Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação**. Universidade de São Paulo, 2005. 95p. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas). USP. Universidade de São Paulo, 2005.
- ANDRADE, J.B.; LAVEZZO. W. Aditivos na ensilagem de capim-elefante. I. composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.33, n.11, p.1859-1872, 1998.
- ARAÚJO, A.E.; SILVA, C.A.D.; FREIRE, E.C. et al. Cultura do algodão herbáceo na agricultura familiar. **EMBRAPA-CNPQ, Centro Nacional de Pesquisa de Algodão**. Campina Grande, PB, 2005. (Sistemas de produção, versão Eletrônica). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/> . Acesso em 18 de julho de 2007.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, v.2, 1995.
- BRITO, R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; FERNANDES, A.R.M. et al. Degradabilidade *in situ* e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas balanceadas para diferentes ganhos de peso e potenciais de fermentação microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1639-1650, 2007 (suplemento5).
- CAMPOS, I. **Biodiesel e Biomassa: duas fontes para o Brasil**, Revista Eco 21, Ano XIII, Edição 80, 2003. Disponível em <http://www.eco21.com.br>. Acesso em 12 Abril de 2007.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurhecido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007a (suplemento 4).
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurhecido ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1495-1501, 2007b (suplemento 5).
- CARVALHO, S.; ROGUIDES, M.T.; BRANCO, R.H. et al. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1153-1161, 2006 (suplemento 3).
- 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.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: Buxton et al. **Silage Science and Technology**. Madison, Wisconsin, USA. p.141-198, 2003.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2008/2009**, Sexto Levantamento – Março/2009. Brasília: Conab, 2009. Disponível em: www.conab.gov.br. Acessado em Junho de 2009.
- COTTONSEED FEED PRODUCTS GUIDE. Disponível em: <http://www.cottonseed.com/feedprod.htm>. Acessado em: 15 de agosto de 2008.
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Arlington: AOAC International, v.1, 1995.
- DUNNETT, C.W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with control. **Journal American State Association**, v.50, n.272, p.1096-1121, 1955.

- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization Statistical Database (2007). **Food and Agricultural commodities production, countries by commodity**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acessado em 25 de agosto de 2008.
- 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.) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.
- FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.223-229, 2009.
- HALL, M. B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, n.12, p.3226-3232, 2003.
- HUBNER, C.H.; PIRES, C.C.; GALVANI, D.B. et al. Comportamento ingestivo de ovelhas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Ciência Animal**, v.38, n.4, p.1078-1074, 2008.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007 (suplemento especial).
- KUNG JUNIOR, L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. et al. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfafa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.2, p.299-306, 1984.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science Technological**, v.57, n4, p.347-358, 1996.
- MACHADO FILHO, L.C.P.; MÜHLBACH, P.R.F. Efeito do emurhecimento na qualidade das silagens de capim-elefante cv. Cameroun (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), avaliadas quimicamente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.15, n.3, p.224-233. 1986.
- MCDONALD, P.; HERDERSON; A.R. HERSON; S.J.E. In: **The biochemistry of silage**. 2 ed. Malow: Chalcombe Publications, p. 167-249, 1991.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- 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. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington D.C.: National Academy Press, 2001. 289p.
- NEIVA, J.N.M.; NUNES, F.C.S.; DUARTE, M.J. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante enriquecidas com subproduto do processamento do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1845-1851, 2006 (suplemento 4).
- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- OLIVEIRA, A.C. **Capim-elefante com e sem emurhecimento, acrescido de farelo de mandioca, na produção de silagem**. Universidade Federal de Viçosa, 2008. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). UFV. Universidade Federal de Viçosa, 2008.

- PARENTE, E.J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003.
- PASSOS, L.; CARVALHO, L.DE.A.; MARTINS, C.E. et al. ed. *Biologia e manejo do capim-elefante*. Juiz de Fora: **Embrapa – CNPGL**, 1999. 229p.
- 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.
- PERES, J.R.R.; JUNIOR, E.F. Insumos oleaginosos para o biodiesel: um diferencial entre a soja e o girassol. In: SEMINÁRIO PARANAENSE DE BIODIESEL, 1., 2003, Londrina. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < http://www.tecpar.br/cerbio/Seminariopa_lestras.htm > Acesso em: 23 de agosto de 2007.
- PINHO, B.D.; PIRES, A.J.V.; RIBEIRO, L.S.O. et al. Ensilagem de capim-elefante com farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.9, n.4, p.641-651, 2008.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R. et al. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.34-39, 2009.
- RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG (Sistema de análises estatísticas e genéticas)**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.
- ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validações das equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.
- RODRIGUES, P.H.M.; ANDRADE, S.J.T.; FERNANDES, T. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum) inoculada com bactérias acidoláticas. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.809-813, 2001.
- RODRIGUES, P.H.M.; BORGATTI, L.M.O.; GOMES, R.W. et al. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1138-1145, 2005.
- RODRIGUES, P.H.M.; LOBO, J.R.; SILVA, E.J.A. et al. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1751-1760, 2007.
- RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, n.12, v.70, p.3551-3581, 1992.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de Alimentos : Métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: 1999. v.8, 295p.
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

- ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. Tabelas Brasileiras de composição de alimentos para ruminantes. 2. ed. Viçosa – MG. Universidade Federal de Viçosa – DZO, 2006. 329p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. The use of detergents in analysis of fibrous feeds: iv. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of Association Official Analytical Chemists International**, v.50, p.50-55, 1967.
- VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Coronel Pacheco, **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 1990. p.89-131.
- 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, n.1/2, p.95-110, 1992.

CAPÍTULO 2

Torta de mamona na ensilagem de capim-elefante

RESUMO

O experimento foi conduzido para avaliar os teores de nitrogênio amoniacal, potencial hidrogeniônico, perdas decorrentes do processo fermentativo (gases, efluente e total), valor nutritivo, bem como o fracionamento de carboidratos e de proteínas da silagem de capim-elefante emurhecido, ou não, contendo torta de mamona. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições: capim-elefante emurhecido; capim-elefante não emurhecido; capim-elefante mais torta de mamona (6%); capim-elefante mais torta de mamona (12%) e capim-elefante mais torta de mamona (18%), o coproduto foi adicionado com base na matéria natural (peso/peso). O capim-elefante foi colhido com 22,2% de matéria seca (MS), imediatamente picado, homogeneizado e aditivado com a torta de mamona, conforme os tratamentos na ensilagem. Para obtenção da silagem de capim-elefante emurhecido, o capim colhido foi deixado no campo, em exposição ao sol durante 8 horas, sendo posteriormente picado e ensilado. As silagens foram mantidas por 60 dias em silos experimentais de cloreto de polivinila – PVC, com dimensões de 50 cm de altura por 10 cm de diâmetro, providos de tampa com válvula de Bunsen, areia e tela no fundo. Adotou-se uma massa específica de 600 kg/m^3 . A silagem contendo 18% de torta de mamona apresentou maior ($P < 0,05$) valor de pH (4,8). Teor elevado de nitrogênio amoniacal foi verificado para a silagem de capim não emurhecido (12,8% N-total). A torta de mamona foi eficiente em reduzir ($P < 0,05$) a perdas por efluente e total, proporcionando um maior índice de recuperação da matéria seca. A inclusão da torta de mamona, na dose de 6%, permitiu produção de silagem com teor de matéria seca (MS) semelhante ($P > 0,05$) ao da silagem de capim emurhecido. Além disso, a torta de mamona na ensilagem do capim-elefante mostrou-se eficiente em aumentar ($P < 0,05$) os teores de MS, matéria mineral, proteína bruta e lignina. Já a matéria orgânica, nitrogênio insolúvel em detergente ácido, nutrientes digestíveis totais, fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigido para cinza e proteína, fibra em detergente ácido, celulose e carboidratos totais diminuíram ($P < 0,05$) com a inclusão das doses. Para a digestibilidade *in situ* da MS e carboidratos não fibrosos, não houve diferença ($P > 0,05$) com o aumento das doses. Para o fracionamento de carboidratos, não se verificou diferença ($P > 0,05$) dentre as silagens aditivadas para as frações A+B1, B2 e C. Para o fracionamento de proteína, as frações A e C diminuíram ($P < 0,05$) com o aumento das doses, diferentemente, da fração B1+B2 que aumentou, porém, para fração B3, não houve diferença. A torta de mamona destaca-se como um bom aditivo para absorção da umidade na ensilagem de capim-elefante, proporcionando redução das perdas e incremento no valor nutritivo da silagem, no entanto, o emurhecimento do capim-elefante pela exposição ao sol não foi eficiente em reduzir o teor de

umidade da forragem para teores satisfatórios, comprometendo o valor nutritivo da silagem, por ter apresentado maiores teores de perdas (gases, efluente e total).

Palavra-chave: biodiesel, coprodutos, *Pennisetum purpureum*, *Ricinus communis* L, subprodutos

CHAPTER 2

Castor bean meal in the silage of elephant grass

ABSTRACT

The experiment was conducted to evaluate the concentrations of ammonia nitrogen, hydrogen potential, the losses of deriving the fermentative process, nutritional value, as well as, the fractioning of carbohydrates and protein the elephant grass silage wilted or not containing castor bean meal. The experimental design was completely randomized, with five treatments and with four replications: elephant grass wilted; elephant not wilted; elephant grass more castor bean meal (6%); elephant grass more castor bean meal (12%) and elephant grass more castor bean meal (18%), the co-product was added with base on natural matter (weight/weight). The elephant grass was harvested with 22.2% of dry matter (DM), immediately crushed, homogenized and additived with castor bean meal of according the respective treatments in the ensilage. To obtain elephant grass silage wilted, harvested grass was left on the field by 8 hours of sun exposure, posteriorly chopped and ensiled. The silages were stored by 60 days in silos experimental of PVC, with dimensions of 50 cm of height by 10 cm of diameter, provided of cover with Bunsen valve, sand and the bottom screen. We adopted a specific mass of 600 kg/m³. The silage containing 18% castor bean meal showed higher (P<0.05) pH (4.8). High level of ammoniacal nitrogen was observed in the silage grass not wilted (12.8% N-total). The castor bean meal was effective in reducing (P<0.05) losses to by effluent and total, providing a higher rate of recovery of dry matter. The inclusion of castor bean meal in the dose 6% allowed production of silage with DM similar to that of grass silage wilted. Also, the castor bean meal in the elephant grass ensilage was efficient in increasing (P<0.05) the levels of DM, ash, crude protein e lignin. Already for organic matter, acid detergent insoluble nitrogen, total digestible nutrients, neutral detergent fiber (NDF), NDF corrected for ash and protein, acid detergent fiber, cellulose and total carbohydrate decreased (P<0.05) with increasing doses. For the in situ digestibility of DM and non-fiber carbohydrate there was no difference with increasing doses. For the carbohydrate fractioning, there was no difference (P>0.05) among the silages with additives for fractions A+B1, B2 and C. For the protein fractioning, the fractions A and C decreased (P<0.05) with increasing doses, differently, of the fraction B1+B2 which increased, but for fraction B3 was not difference. Castor bean meal presented as a good additive to absorb moisture in the silage elephant grass, by provide reducing losses and increasing the nutritional value of silage, however, wilting of the elephant grass by sun exposure was not effective in reducing the moisture content of forage to satisfactory levels, compromising the nutritional value of silage, by to have shown higher levels of losses (gases, effluent and total).

Keywords: biodiesel, byproduct, coprodutos, *Pennisetum purpureum*, *Ricinus communis* L

1 INTRODUÇÃO

Vários temas emergentes estão sendo debatidos, constantemente, nas comunidades científicas, sobretudo, o conceito de agroenergia ou bioenergia, que em síntese, representa a capacidade que sistemas agroindustriais tem em prover energia de forma renovável. Assim, como o petróleo, anteriormente, se difundiu por ser um insumo abundante e de baixo custo, atualmente, a biomassa, provavelmente, se tornará a matéria-prima base de todo o sistema produtivo. Podemos tomar como evidência dessa afirmação o caso do etanol no Brasil, cujos custos de produção, quando se iniciou a implantação do projeto, eram muito elevados em relação ao petróleo. Hoje, mais de vinte anos depois, a produção de álcool encontra-se numa boa fase, sendo um biocombustível promissor e competitivo em relação aos combustíveis fósseis.

Nesse contexto, o Brasil se encontra em uma condição que país algum jamais esteve na história do mundo globalizado, por apresentar grandes possibilidades de produção de oleaginosas para biodiesel, devido à sua diversidade climática e de ecossistemas favoráveis. As principais oleaginosas cultiváveis e que poderiam ser utilizadas para a fabricação de biodiesel são: a soja (*Glycine max*), o girassol (*Helianthus annuus*), a mamona (*Ricinus communis*), o dendê (*Elaeis guineensis*), o pinhão-manso (*Jatropha curcas*), o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), o algodão (*Gossypium spp. L.*), o amendoim (*Arachis hypogaea*), a canola (*Brassica napus*), o gergelim (*Sesamum orientale*), o babaçu (*Orbignya speciosa*) e a macaúba (*Acrocomia aculeata*) (PETROBIO, 2005; BIODIESELBR.com, 2008; STORCK BIODIESEL, 2008).

No procedimento de extração do óleo vegetal, existem processos químicos e físicos utilizados pela indústria. E a partir da extração do óleo, são gerados os resíduos e subprodutos do biodiesel. Estes, por sua vez, não apresentam valor de mercado, pois o produto principal é o óleo vegetal e, apesar de serem orgânicos, podem trazer problemas ao ambiente, pelo volume de biomassa gerado. Com isso, tem-se pesquisado (Evangelista et al., 2004; Oliveira et al., 2006; Cândido et al., 2008; Oliveira, 2008) no país, alternativas de utilização destes coprodutos na alimentação animal.

A pecuária brasileira enfrenta desafios em certas épocas do ano, pois o período da estacionalidade da produção forrageira compromete os índices produtivos e reprodutivos, em decorrência da diminuição da oferta de alimentos. Aliado a esta realidade, pode-se utilizar técnicas de conservação de forragens para que, em momento oportuno, possa ser utilizada. Desta maneira, com o advento dos coprodutos do biodiesel pode-se adequar perfeitamente a sua utilização na conservação de forragens, buscando alimentos com maior valor nutritivo em relação ao capim exclusivo.

Outra realidade na agropecuária brasileira é a utilização de dietas com altas proporções de concentrados, tendo como alimentos base o milho e a soja que, por sua vez, melhoram o aporte de nutrientes aos ruminantes, proporcionando obtenção de melhores rendimentos. A utilização de concentrados tradicionais, entretanto, acaba elevando os custos de produção, diminuindo a margem de lucro do produtor. Com o intuito de diminuir os custos de produção, uma das alternativas mais promissoras tem sido a utilização de alimentos alternativos, oriundos de processos industriais que geram grande quantidade de subprodutos e resíduos com valor nutritivo variável que, por sua vez, se utilizados de forma correta, podem proporcionar ganho de peso e rendimentos cárneos semelhantes aos alimentos convencionais.

Uma das principais gramíneas tropicais utilizadas na produção de silagem é o capim-elefante, por apresentar elevada produção de MS (mais de 80 toneladas MS/ha/ ano), demonstrando seu alto potencial para produção de silagem (CARVALHO et al., 2008). Entretanto, no momento ideal para ensilagem, quando o capim apresenta elevado valor nutritivo, o que ocorre por volta dos 50 a 70 dias de crescimento após o corte de uniformização, normalmente, o teor de umidade é elevado (VILELA, 1990), podendo variar entre 82 a 78% de umidade.

A ensilagem de forrageiras com baixa matéria seca, muitas vezes, implica em riscos, devido à maior propensão em proliferação de microrganismos indesejáveis (WILKINSON, 1983). A maior atividade água, quantidade disponível para crescimento microbiano e reações que possam deteriorar os alimentos (DITCHFIELD, 2000), no momento da ensilagem, favorece o desenvolvimento das bactérias do gênero *Clostridium*, *Salmonella*, *Bacillus* e *Staphylococcus*, que são responsáveis pelo desdobramento de açúcares, ácido lático, proteínas e aminoácido nas frações, ácidos acético e butírico, nitrogênio amoniacal e aminas, substâncias que afetam a obtenção de silagem com alto valor nutritivo e, conseqüentemente, podem diminuir o consumo.

O capim-elefante, além de apresentar alto teor de umidade, no momento ideal de corte, também apresenta baixos teores de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão, características que reduzem o sucesso da ensilagem. Sabe-se que o teor de carboidratos solúveis, acima de 15%, durante a ensilagem, é fundamental para que o processo fermentativo se desenvolva de maneira eficiente (MCDONALD, 1981). Os carboidratos solúveis são os substratos prontamente disponíveis para o desenvolvimento das bactérias desejáveis, sobretudo as lácticas, viabilizando a adequada produção de ácido lático e a rápida redução do potencial hidrogeniônico, condição necessária para a inibição da atividade proteolítica das enzimas vegetais e do desenvolvimento das bactérias indesejáveis (MUCK, 1988).

Diante dos empecilhos que ocorrem ao se utilizar forragem com alta umidade e baixos teores de carboidratos solúveis, Rodrigues et al. (2005) sugeriram que a inclusão de uma fonte de carboidratos solúveis ao capim-elefante, durante a ensilagem, pode melhorar, consideravelmente, a qualidade final das silagens. Assim, pesquisas vem sendo realizadas com a

finalidade de avaliar alguns aditivos ou alternativas que possam beneficiar o processo fermentativo de silagens de capim-elefante, como a adição de casca de café (SOUZA et al., 2003; FARIA et al., 2007); o farelo de cacau (CARVALHO et al., 2007a); o farelo de mandioca (PINHO et al., 2008); a casca de café, farelo de cacau e farelo de mandioca (PIRES et al., 2009); polpa cítrica (RODRIGUES et al., 2005 e 2007); subproduto do abacaxi (FERREIRA et al., 2009) e subproduto do maracujá (NEIVA et al., 2006), que são absorventes de umidade e podem incrementar o teor de carboidratos solúveis, inoculantes enzimo-bacterianos (PATRIZI et al., 2004) que podem diminuir as perdas na pós-abertura, além da prática do emurchecimento (FERRARI JÚNIOR & LAVEZZO, 2001; CARVALHO et al., 2007b).

Entre os aditivos utilizados, atualmente destaca-se os coprodutos do biodiesel e, dentre eles, a torta de mamona, pois, diferentemente da soja, girassol, amendoim e outras oleaginosas, a mamona não é destinada à alimentação humana, logo, não possui a concorrência deste seguimento de mercado (PIRES et al., 2004). Além da torta de mamona ser gerada em grandes quantidades, como se constata no trabalho desenvolvido por Almeida et al. (2006), verifica-se que com 100 kg de mamona obtém-se 75 kg de semente e 25 kg de casca. Da semente extrai-se o óleo, que corresponde a 50% em óleo e 50% é a torta, ou seja, 37,5 kg de óleo e outros 37,5 kg de torta, tornando o subproduto menos oneroso.

A torta da mamona tem elevado valor nutritivo (BELTRÃO, 2003a e 2003b), apresentando consideráveis teores de proteína (41,5%), fibra (32,8%), matéria mineral (7,7%) e gorduras (2,6%), porém, para ser usada como alimento, ela precisa passar por um processo de desintoxicação. A utilização de hidróxido de cálcio vem sendo usado para este fim, por ser operacionalmente simples e potencialmente viável economicamente. No entanto, necessita de validação, contemplando avaliação de consumo e digestibilidade dos nutrientes, além de indicadores de saúde animal relacionados com intoxicação por ricina (KUMAR et al., 2003).

Evangelista et al. (2004), avaliando a composição química de tortas de amendoim e mamona (variedades Mamona Al Guarany e Mamona Nativa), observaram que os teores de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, entre as variedades, alteraram, sendo que, para a torta de mamona da variedade Al Guarany, os valores médios foram, respectivamente, de 42,0; 3,8; 7,7; 58,3 e 41,5%; já para a torta de mamona da variedade Nativa, os valores foram, respectivamente, 30,8; 5,6; 10,9; 56,0 e 44,7%, indicando que a composição química dos alimentos está relacionada com vários fatores, dentre eles a variedade plantada. Além disso, possui características interessantes para ser utilizada no processo de silagem.

Nesse contexto, o experimento foi conduzido para avaliar os teores de nitrogênio amoniacal, potencial hidrogeniônico, as perdas decorrentes do processo de fermentação (gases, efluente e totais), o valor nutritivo, bem como o fracionamento de carboidratos e da proteína da

silagem de capim-elefante emurchecido ou silagem de capim-elefante não emurchecido contendo torta de mamona.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Forragicultura e Pastagem, pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, localizada no município de Itapetinga, Estado da Bahia.

Como material para ensilagem, foi utilizado o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) proveniente de uma capineira implantada na própria Universidade. No momento do corte, o capim apresentou 1,8 m de altura, após 60 dias de rebrota, com 22,2% de matéria seca, sendo picado em picadoura estacionária com tamanho de partículas variando entre 1 a 2 cm, imediatamente foi homogeneizado, aditivado com a torta de mamona (não detoxificada), conforme os tratamentos na ensilagem. Já para obtenção da silagem de capim-elefante emurchecido, o capim colhido foi deixado no campo, após 8 horas de exposição ao sol, sem revolvimento, posteriormente, picado e ensilado.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, como a seguir: capim-elefante emurchecido; capim-elefante não emurchecido; capim-elefante não emurchecido + torta de mamona (6%); capim-elefante não emurchecido + torta de mamona (12%) e capim-elefante não emurchecido + torta de mamona (18%), o coproduto foi adicionado com base na matéria natural (peso/peso). Com base na matéria seca, as doses 6, 12 e 18%, correspondem, respectivamente, às doses 20,8; 35,9 e 47,4%. A composição bromatológica do capim-elefante emurchecido e do capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de mamona na ensilagem e da torta de mamona pode ser observada na Tabela 1.

Para produção das silagens, foram utilizados silos experimentais de cloreto de polivinila – PVC, com dimensões de 50 cm de altura por 10 cm de diâmetro, providos de tampa com válvula de Bunsen com areia e tela no fundo, previamente pesados para captação de efluente das silagens de capim-elefante, e as medidas de perdas foram mesuradas por ocasião da abertura dos silos.

O material foi compactado, adotando-se uma massa específica de 600 kg/m^3 , correspondendo a 2,0 kg de matéria natural por silo, posteriormente, os silos foram vedados, pesados e ficaram armazenados por 60 dias. Após o período de armazenamento, os silos foram novamente pesados para se obter as perdas de matéria seca por gases. Em seguida, abertos para a retirada da silagem e pesagem do conjunto silo+areia+tela para se obter as perdas por efluente.

Tabela 1 Valores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos corrigido (CNFcp) e matéria mineral (MM) do capim-elefante emurchecido e do capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de mamona antes da ensilagem e da torta de mamona

Item	Capim-elefante emurchecido	Capim-elefante não emurchecido + torta de mamona				Torta de mamona
		0	6	12	18	
MS	27,9	22,2	25,6	30,1	32,0	91,3
MO ¹	92,2	92,8	92,5	90,2	89,5	91,8
EE ¹	2,2	2,5	2,0	2,3	2,7	2,2
PB ¹	5,7	5,3	12,0	15,8	19,5	31,7
NIDN ²	29,9	28,7	26,3	29,2	18,8	8,6
NIDA ²	22,2	20,7	13,8	12,3	13,3	7,4
NDT ¹	48,1	51,5	46,9	43,8	41,9	60,3
DISMS ¹	40,5	48,9	49,2	48,8	46,5	66,1
FDN ¹	78,0	75,1	66,2	69,1	65,7	42,8
FDNcp ¹	76,6	73,9	62,5	60,6	59,6	39,9
FDA ¹	70,3	57,7	55,6	50,4	55,6	40,2
Hemicelulose ¹	7,7	17,4	10,6	18,7	10,1	2,6
Celulose ¹	59,0	47,7	42,8	33,3	35,4	27,8
Lignina ¹	10,0	9,1	12,9	14,4	16,5	8,2
CT ¹	78,0	75,1	66,2	69,1	65,7	57,9
CNFcp ¹	7,6	11,1	14,1	11,5	7,7	18,0
MM ¹	7,8	7,2	7,5	9,8	10,5	8,2
pH	5,7	5,6	5,7	5,8	5,8	****

¹ percentagem da matéria seca; ² percentagem do nitrogênio total.

As medidas de perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perda total (PT) e o índice de recuperação de matéria seca (IRMS) nas silagens foram estimadas de acordo com equações propostas por Schmidt (2006):

$$PG = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] \times 100}{[(PCen - Pen) * MSen]}$$

Onde: PG = Perdas por gases em % da MS; PCen = Peso do silo cheio na ensilagem (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+tampa+areia+tela+pano) na ensilagem (kg); MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%); PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg); MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

$$PE = \frac{(Pab - Pen) \times 1000}{(MVfe)}$$

Onde: PE = Produção de efluente (kg/t de massa verde); Pab = Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na abertura (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+areia+pano+tela) na ensilagem (kg); MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

$$PT = \frac{[(MSi - MSf)] \times 100}{MSi}$$

Onde: PT = Perda Total de MS; MSi = Quantidade de MS inicial, peso do silo após enchimento – peso do conjunto vazio, sem a forragem, antes do enchimento (tara seca) x teor de MS da forragem na ensilagem. MSf = Quantidade de MS final. Peso do silo cheio antes da abertura – peso do conjunto vazio, sem a forragem, após a abertura dos silos (tara úmida) x teor de MS da forragem na abertura.

$$IRMS = \frac{100 - [(MFSe \times MSSe) - (MFSr - MSSr)] \times 100}{(MFSe \times MSSe)}$$

Em que: IRMS = Índice de recuperação de matéria seca (%); MFSe = Massa de forragem fresca no saco na ensilagem (kg); MSSe = Teor de MS da forragem na ensilagem (%); MFSr = Massa de forragem fresca no saco recuperado (kg); MSSe = Teor de MS da forragem no saco recuperado (%).

Parte da silagem *in natura* foi utilizada para análise do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e potencial hidrogeniônico (pH), determinados logo após abertura dos silos. O teor de N-NH₃, em percentagem do nitrogênio total e o pH, foram estimados segundo Cunniff (1995), no qual parte da silagem *in natura* (50 g) foi triturada com 200 mL de água, em liquidificador industrial, e filtrada em gaze para extração do meio aquoso, que foi utilizado imediatamente para análise de N-NH₃ e pH. O N-NH₃ foi dosado mediante utilização do óxido de magnésio e cloreto de cálcio. Já o pH foi medido utilizando-se potenciômetro digital.

As amostras coletadas em cada silo foram devidamente identificadas, acondicionadas e armazenadas em freezer a uma temperatura de menos 10°C. Posteriormente, em momento oportuno, partes das amostras foram descongeladas à temperatura ambiente para que se procedesse a pré-secagem em estufa com ventilação forçada e temperatura controlada (60°C por 72 horas). Em seguida, o material foi moído em moinho de facas (tipo *Willey*) com peneiras de

malha de 1 mm, na sequência, as amostras processadas foram submetidas a análises para estimativa dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT), proteína bruta (PB), lignina, extrato etéreo (EE), conforme procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002). Já os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com os procedimentos descritos por Licitra et al. (1996), sendo expressos como porcentagem do nitrogênio total. As análises para determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST, 1967) foram feitas em autoclave, conforme relatado por Pell & Schofield (1993).

O teor de fibra em detergente neutro, corrigido para cinza e proteína (FDN_{cp}), foi realizado segundo recomendações de Mertens (2002). Os carboidratos totais (CT) foram estimados segundo Sniffen et al. (1992), como: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinza)$. Os teores de carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNF_{cp}) foram calculados como proposto por Hall (2003), sendo: $CNF_{cp} = (100 - \%FDN_{cp} - \%PB - \%EE - \%cinzas)$.

A estimativa dos teores dos nutrientes digestíveis totais (NDT), conforme descrito por Weiss et al. (1992), com modificações sugeridas pelo NRC (2001), representadas pelas equações a seguir:

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

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

$$FAP; PBD = PB [-1,2 \times (PIDA/PB)];$$

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

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

* se a FDN for determinada adicionando-se sulfito de sódio, não subtrair o PIDN; em que: CNFD = carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBD = proteína bruta verdadeiramente digestível; AGD = ácidos graxos verdadeiramente digestíveis; FDND = FDN verdadeiramente digestível; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; FAP = fator de ajuste de processamento, neste caso, igual a 1; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido e Lig = lignina.

A digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) foi avaliada pelo método de incubação *in situ*, com as respectivas repetições, por um período de 48 horas, utilizando-se um novilho mestiço Holandês × Gir, com 280 kg de peso corporal, castrado, devidamente identificado e canulado no rúmen.

As amostras utilizadas na incubação ruminal foram moídas em peneira com crivos de 1 mm e acondicionadas em sacos de tecido-não-tecido (TNT), com dimensão de 5 × 5 cm, em quantidade de aproximadamente 0,5 g de MS/saco, buscando-se manter relação próxima de 20 mg de MS/cm² de área superficial do saco (Nocek, 1998). Após 48 horas de incubação ruminal, todos os sacos foram lavados manualmente em água corrente, até o momento em que a água

ficasse transparente, em seguida, foram secos em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 72 horas, e imediatamente pesados para determinação da digestibilidade *in situ* da matéria seca.

Para as frações que compõe os carboidratos, estimou-se da seguinte forma: as frações A+B1 correspondem aos carboidratos não-fibrosos corrigido para cinza e proteína (CNFcp). Já para a fração C, foi estimada pela FDN indigestível, após 240 horas de incubação *in situ* (CASALI et al., 2008), logo, a fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

As frações proteicas foram obtidas conforme método descrito por AOAC (1995). Logo, a fração A, que corresponde ao nitrogênio não proteico (NNP), foi determinada a partir da adição de água destilada (5 mL), em aproximadamente 0,5 g de amostra, deixando a solução em repouso por 30 minutos. Após decorrer o tempo, o material foi centrifugado a 10.000 rpm, por 20 minutos. Em seguida, adicionou-se solução de ácido tricloroacético - TCA (5 mL) a 20% e deixou-se descansar por 3 horas. Decorrido o período, o material foi novamente centrifugado a 10.000 rpm, por 20 minutos, coletando-se 2 mL do sobrenadante e transferido para um tubo de determinação de nitrogênio. Procedeu-se, então, a estimativa normal do teor de nitrogênio no líquido pelo método MicroKjeldahl para quantificação dos compostos nitrogenados não-proteicos. A fração B3 da proteína foi obtida pela diferença entre NIDN e NIDA e, para fração C, foi considerado o NIDA, ao passo que a proteína verdadeira solúvel em detergente neutro (frações B1+B2) foi obtida pela diferença entre as frações A, B3 e C, como se segue: $B1+B2 = 100 - [NNP + (NIDN - NIDA) + NIDA]$.

De maneira resumida, as frações proteicas foram estimadas como se segue: Fração A = NNP;

Frações (B1+B2) = $100 - [NNP + (NIDN - NIDA) + NIDA]$;

Fração B3 = NIDN – NIDA;

C = NIDA.

O efeito das doses da torta de mamona foi interpretado por meio das análises de variância e regressão, utilizando o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (RIBEIRO JÚNIOR, 2001), já a comparação dos contrastes formados entre a silagem de capim-elefante emurhecido e as silagens de capim-elefante contendo torta de mamona foi realizada pelo teste de Dunnett (1955), utilizando o Statistical Analyses System (SAS, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A silagem não emurchecida ou contendo 6% de torta de mamona apresentaram valores de pH similares ($P>0,05$) ao da silagem emurchecida, sendo, respectivamente, de 3,6; 3,8 e 3,7%. As silagens contendo 12 ou 18% de torta de mamona, entretanto, diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, sendo verificado respectivos valores de pH de 4,0 e 4,8 (Tabela 2).

Os valores de pH observados para as silagens emurchecida, não emurchecida, contendo 6 ou 12% de torta de mamona, encontram-se dentro de uma margem adequada à conservação, sendo que Mc Donald et al. (1991) preconizaram que silagens de boa qualidade podem apresentar teores de pH entre 3,6 a 4,2. Entretanto, a silagem contendo 18% de torta de mamona apresentou teor de pH superior ao índice citado. Pode-se constatar, através das perdas, que essa silagem apresentou um bom perfil fermentativo, devido aos menores valores de perdas por gases e efluente (Tabela 2) encontrados, associado a um elevado teor de matéria seca do material na ensilagem (Tabela 1) que possibilitou maior preservação dos nutrientes da silagem (Tabelas 4 e 6). Segundo Jobim et al. (2007), silagens de materiais com baixo teor de umidade, invariavelmente, apresentam valores de pH elevados (acima de 4,2).

Tabela 2 Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH₃), perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perdas totais (PT), índice de recuperação da matéria seca (IRMS) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de mamona

Item	Capim-elefante emurchecido	Torta de mamona (%)				CV (%)
		0	6	12	18	
PH	3,7	3,6	3,8	4,0*	4,8*	1,6
N-NH ₃ ¹	10,4	12,8*	4,9*	3,3*	2,4*	7,0
PG ²	10,1	0,5*	0,3*	4,6*	2,0*	3,5
PE ³	30,4	72,9*	46,8*	24,2	12,9*	17,4
PT ²	12,9	7,5*	4,5*	6,6*	3,1*	11,6
IRMS ²	87,0	92,2*	95,3*	92,6*	97,4*	1,2

* Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; ¹ Porcentagem do nitrogênio total; ² Porcentagem da matéria seca; ³ kg por tonelada de matéria verde (kg/t MV).

A equação de regressão para o pH apresentou comportamento linear crescente (Tabela 3). Assim, para cada unidade percentual de torta de mamona adicionada à ensilagem, ocorreu um acréscimo de 0,1 unidade no pH. Porém, o aumento de pH observado não refletiu em silagem de baixa qualidade, uma vez que o coproduto foi eficiente em reduzir as perdas (Tabela 2).

Outro evento que pode ter influenciado na obtenção de maiores teores de pH das silagens contendo torta de mamona é a capacidade tampão que, por sua vez, depende da composição do alimento no que se refere ao teor de proteína bruta, íons inorgânicos (Ca, K, Na) e a combinação de ácidos orgânicos e seus sais. Então, verifica-se que a torta de mamona possui elevado teor em proteína (Tabela 1) e minerais, apesar de não ter sido avaliado neste trabalho. Costa et al. (2004) encontraram elevados teores de fósforo (3,0%) e potássio (0,96%) ao avaliar a composição bromatológica da torta de mamona, já Severino et al. (2006) encontraram teor de cálcio de 0,35% para a torta de mamona destoxificada.

Tabela 3 Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH₃), perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE), perdas totais (PT) e índice de recuperação da matéria seca (IRMS), em função das doses de torta de mamona no capim-elefante não emurhecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r ² /R ²
PH	$\hat{Y} = 3,47050 + 0,0659167^{**} \times TM$	1,6	86,9
N-NH ₃ ¹	$\hat{Y} = 10,7540 - 0,544334^{**} \times TM$	8,9	78,1
PG ²	$\hat{Y} = 1,86677$	6,7	NS
PE ³	$\hat{Y} = 72,5546 - 3,72028^{**} \times TM$	8,2	92,2
PT ²	$\hat{Y} = 5,68090$	8,4	NS
IRMS ²	$\hat{Y} = 94,3012$	0,57	NS

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ¹ Porcentagem do nitrogênio total; ² Porcentagem da matéria seca; ³ Quilogramas por tonelada de matéria verde (kg/t MV); NS: não significativo.

Na avaliação do nitrogênio não proteico (N-NH₃), verificou-se que as silagens (Tabela 2) não emurhecida e as contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona apresentaram valores, respectivamente, de 12,8; 4,9; 3,3 e 2,4% do N-total, que diferiram (P<0,05) da silagem emurhecida (10,4%). Ao contrastar o teor de N-NH₃ da silagem de capim-elefante emurhecido com o não emurhecido, observa-se que o emurhecimento foi eficiente em reduzir o teor de N-NH₃, uma vez que, no período de exposição ao sol são desencadeados processos enzimáticos que degradam proteínas, com conseqüente diminuição do teor desse nutriente, no momento da ensilagem, o que contribuiu para diminuição da produção de N-NH₃ pelas bactérias durante a fermentação.

O maior teor de N-NH₃ observado para a silagem não emurhecida (0% de torta de mamona) está relacionado ao maior teor de umidade na massa ensilada (Tabela 1) que se remete a uma maior atividade água, a qual pode proporcionar um maior desenvolvimento de bactérias indesejadas, como as do gênero *clostridium* que, além de consumir o ácido láctico essencial para o abaixamento do pH, desdobram proteína, reduzindo-as em N-NH₃, diminuindo a qualidade da

silagem. Para as silagens contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona, os teores foram inferiores ao da silagem emurchecida, como descrito anteriormente, podendo ser explicado pelo fato da inclusão do coproduto ter elevado o teor de matéria seca da silagem (Tabela 4), diminuindo a atividade água e inibindo a proliferação de microrganismos indesejados, ocorrendo, assim, menores perdas de nitrogênio. De acordo com Lindgren (1999), as bactérias ácido-láticas apresentam maior tolerância em condições de baixa atividade água, assumindo grande importância na qualidade de fermentação de silagens.

Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), avaliando a qualidade de silagem de capim-elefante emurchecido por 8 horas ou acrescido de farelo de mandioca (0, 2, 4, 6, 8 ou 12% com base na matéria natural), verificaram teores de N-NH₃ para a silagem emurchecida ou não emurchecida, respectivamente, de 16,5 e 17,5% N-total. Já Rodrigues et al. (2007), avaliando o efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada (0, 3, 6 ou 9% com base na matéria natural) na confecção de silagem de capim-elefante, verificaram que para o capim-elefante não emurchecido, cortado aos 60 dias, o teor de N-NH₃ foi de 14,1%. Valores inferiores foram encontrados no presente trabalho, podendo ser atribuído, possivelmente, ao maior poder de absorção do aditivo.

O emprego de tecnologia adequada na produção de alimentos é fator primordial para o sucesso da atividade, especialmente, para as forragens conservadas, como é o caso da silagem, que pode ter seu valor alimentício modificado em razão dos procedimentos adotados para a sua produção e conservação, e dos fenômenos bioquímicos e microbiológicos que ocorrem no processo (JOBIM et al., 2007) que, por sua vez, podem interferir no consumo.

Foi verificado pela equação de regressão comportamento linear decrescente (Tabela 3), sendo verificada, para cada unidade percentual de torta de mamona adicionada, uma redução de 0,54 unidades de N-NH₃. Assim, estimou-se valores de N-NH₃ para as silagens, não emurchecida e contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona, respectivamente, de 10,8; 7,5; 4,2 e 1,0% do N-total, demonstrando que a inclusão do coproduto na ensilagem promoveu reduções significativas na produção de N-NH₃.

Nos resultados verificados para as perdas por gases (Tabela 2), as silagens não emurchecida e contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona apresentaram valores, respectivamente, de 0,5; 0,3; 4,6 e 2,0%, inferiores ($P < 0,05$) ao verificado para a silagem emurchecida (10,1%). As menores perdas por gases verificados para a silagem não emurchecida ou contendo 6% de torta de mamona podem ser explicadas devido às maiores perdas por efluente (Tabela 2) que, nesta situação, pode ter carregado os carboidratos solúveis, ácidos orgânicos e outros componentes do conteúdo celular, ocasionando uma menor fermentação. Já para silagens contendo 12 ou 18 % de torta de mamona que, também, apresentarem valores inferiores de perdas por gases, a maior proporção de torta de mamona, no momento da ensilagem, ocasionou uma redução no teor de carboidratos não fibrosos (Tabela 1) e isso pode ter proporcionado uma redução na produção de gases, oriundos da fermentação microbiana.

Como o processo de emurhecimento não foi eficiente em elevar o teor de matéria seca da silagem (Tabela 4), ocorreu uma maior fermentação dos carboidratos solúveis remanescentes, elevando as perdas por gases.

Para a equação de regressão, referente aos dados quantitativos da variável dependente das perdas por gases (Tabela 3), verificou-se que, entre as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona, não houve diferença, sendo estimado um valor médio de 1,87% de perdas por gases, independente do tratamento, demonstrando que a inclusão da torta de mamona nas doses avaliadas não proporciona efeito nas perdas por gases.

Diante do exposto, verificou-se, no presente estudo, que as perdas por efluente da silagem contendo 12% de torta de mamona (24,2 kg/t MV) foi similar ($P>0,05$) ao da silagem emurhecida (30,4 kg/t MV), diferentemente, dos valores observados para as silagens não emurhecida e contendo 6 ou 18% de torta de mamona, que diferiram ($P<0,05$) da silagem emurhecida e apresentaram valores, respectivamente, de 72,9; 46,8 e 12,9 kg/t MV. A maior perda verificada para a silagem não emurhecida já era esperada, uma vez que a forragem ensilada apresentava baixo teor de matéria seca (22,2%) Tabela 1.

Na silagem acrescida com 12% de torta de mamona, as perdas por efluentes equipararam-se à silagem emurhecida, no entanto, era esperada uma menor perda para essas silagens, assim, pode-se dizer que a adição de 12% de torta de mamona e a exposição ao sol não foi eficiente em diminuir a umidade da forragem. Da mesma forma, a adição de 12% de torta de mamona também foi incipiente em reduzir as perdas por efluente, entretanto, apenas a silagem contendo 18% do coproduto apresentou reduções expressivas e, possivelmente, manutenção da qualidade, sendo verificada uma redução de 57,6%, quando comparado com a silagem emurhecida.

Verificou-se efeito linear decrescente ($P<0,01$) para as perdas por efluente, em função das doses de torta de mamona (Tabela 3). Contudo, para cada unidade percentual de torta adicionada à ensilagem, ocorreu uma redução de 3,72 unidades de perdas por efluente. Em função da equação, estimaram-se os valores de perdas por efluente para os tratamentos 0, 6, 12 e 18% de torta de mamona que foram, respectivamente, de 72,6; 50,2; 27,9 e 5,6 kg/t MV. Contrastando os valores de perdas por efluente da silagem com 0% de torta com os da silagem contendo 18%, verifica-se redução expressiva de 92,3% para essa variável.

As perdas totais fornecem uma idéia global de quanto da massa ensilada foi perdida durante as fases da ensilagem. Portanto, verificou-se que as perdas totais para as silagens, (Tabela 2) não emurhecida, contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona, apresentaram médias de 7,5; 4,5; 6,6 e 3,1%, respectivamente. Os valores observados diferiram ($P<0,05$) da silagem emurhecida (12,9%), no entanto, o menor teor de $N-NH_3$ e as menores perdas por gases e efluente contribuíram na obtenção de menores perdas totais, verificado para a silagem contendo 18% de torta de mamona.

Para os dados quantitativos referentes às doses de torta de mamona (0, 6, 12 e 18%) adicionadas à ensilagem, verificou-se que, independente da dose utilizada na ensilagem, as perdas totais apresentaram um valor médio de 5,7% (Tabela 3). Assim, as reduções observadas para essa variável foram expressivas, pois se encontram abaixo de 10%, conferindo as silagens uma maior manutenção do valor nutritivo.

Com relação ao índice de recuperação da matéria seca (IRMS), pode-se destacar que as silagens, não emurchecida, contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona, apresentaram valores, respectivamente, de 92,2; 95,3; 92,6 e 97,4%, diferindo ($P<0,05$) da silagem emurchecida (87,0%). Em relação à silagem emurchecida, os menores IRMS eram esperados, uma vez que maiores perdas totais foram verificadas para estas silagens. O IRMS é oposto às perdas totais, que indica o quanto da massa ensilada foi recuperada na abertura, então, quanto maior for a recuperação da matéria seca, mais eficiente será o processo de ensilagem. Este fato foi evidenciado nas silagens, não emurchecida, contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona, que apresentaram IRMS acima de 90%.

Não se observou diferença ($P<0,01$) entre as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona para o IRMS (Tabela 3). Contudo, se estabeleceu um teor médio de 94,3% de recuperação. Diante dos fatos apresentados, a utilização da torta de mamona na ensilagem de capim-elefante é mais eficiente em reduzir as perdas de silagem do que a técnica do emurchecimento. Além disso, possibilita incremento na composição químico-bromatológica da silagem.

Para a matéria seca, foi verificado que a silagem emurchecida equiparou-se ($P>0,05$) à silagem contendo 6% de torta de mamona, apresentando valores, respectivamente, de 25,3 e 26,1%. No entanto, a silagem não emurchecida e as contendo 12 ou 18% de torta de mamona apresentaram os respectivos valores, 22,3; 29,0 e 31,9% de MS, que diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida (Tabela 4). A torta de mamona foi eficiente em elevar o teor da matéria seca da silagem, provavelmente, pelo elevado teor de matéria seca (91,3%) Tabela 1. Diante dos resultados apresentados, não há diferença entre fazer o emurchecimento ou adicionar 6% de torta à ensilagem, porém, a última opção pode incrementar a composição da silagem, sobretudo, no teor de proteína bruta. No entanto, os melhores resultados foram proporcionados pela adição de 12 e 18% de torta de mamona no capim-elefante, o qual foi eficiente em elevar o teor de matéria seca.

A inclusão de diferentes doses de torta de mamona (Tabela 5) proporcionou aumento linear ($P<0,01$) no teor de matéria seca das silagens. Sendo que, para cada unidade percentual de torta de mamona adicionada à ensilagem, ocorreu aumento de 0,53 unidades de matéria seca (Tabela 5). Assim, para as silagens contendo 0, 6, 12 e 18% de torta de mamona, estimou-se teores de 22,5; 25,7; 28,9 e 32,1% de matéria seca, respectivamente. Confirmando que, a partir

da dose de 6%, pode-se elevar o teor de matéria seca e, possivelmente, obter bons perfis fermentativos.

Diante dos dados apresentados, pode-se afirmar que a inclusão da torta de mamona, principalmente, nas doses 12 e 18%, é mais eficiente em diminuir a umidade do capim-elefante do que a técnica do emurchecimento para obtenção de silagem. Essa constatação foi realizada mediante observação dos teores de MS, obtidos nas silagens aditivadas deste experimento, que se aproximaram dos níveis mais adequados para o processo de ensilagem. Segundo Muck (1988), o teor de MS ideal da forrageira para produção de silagem com bom valor nutritivo é de 30%. Entretanto, o estágio vegetativo em que o capim-elefante apresenta bom valor nutritivo não coincide com esse teor de MS, sendo necessário, portanto, o pré-tratamento (emurchecimento) antes da ensilagem ou a utilização de alternativas como o uso de aditivos absorventes de umidade que, nos últimos anos, vem tendo maior destaque, uma vez que a técnica de emurchecimento, muitas vezes, mostra-se muito dispendiosa.

Tabela 4 Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de mamona

Item	Capim-elefante emurchecido	Torta de mamona (%)				CV (%)
		0	6	12	18	
MS	25,3	22,3*	26,1	29,0*	31,9*	1,6
MO ¹	92,7	93,2	93,4	90,5*	89,3*	1,2
MM ¹	7,3	6,8	6,6	9,5*	10,7*	13,2
EE ¹	4,3	3,4*	4,2	4,4	3,3*	10,3
PB ¹	4,9	4,2*	10,3*	13,8*	17,6*	3,0
NIDN ²	29,4	31,0	22,5*	23,3*	23,8*	5,8
NIDA ²	15,1	15,4	12,0*	11,4*	9,4*	7,5
NDT ¹	51,1	51,2	46,7*	44,9*	41,7*	4,4
DISMS ¹	41,6	45,0	46,9*	47,0*	46,6*	4,1

* Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; ¹ percentagem da matéria seca; ² percentagem do nitrogênio total.

Os teores de matéria orgânica verificados para as silagens, emurchecida e não emurchecida, contendo 6% de torta de mamona, não diferiram ($P>0,05$), sendo verificados valores, respectivamente, de 92,7; 93,2 e 93,4% (Tabela 4), diferentemente do ocorrido com as silagens contendo 12 ou 18% de torta de mamona, que apresentaram os respectivos valores de

90,5 e 89,3%, queque, por sua vez, foram inferiores ao da emurhecida, muito embora possa se atribuir este fato ao maior teor de minerais, presentes na torta de mamona (Tabela 1). Assim, as maiores doses proporcionaram uma diminuição no teor de matéria orgânica. Na análise de regressão, verificou-se que a inclusão da torta de mamona (Tabela 5) proporcionou diminuição linear ($P < 0,01$) desse nutriente. Assim, para cada unidade percentual de torta de mamona adicionada à ensilagem, houve uma redução de 0,24 unidades de matéria orgânica. Dessa maneira, procederam-se as estimativas do teor de matéria orgânica para as silagens, contendo 0, 6, 12 e 18% que foram, respectivamente, de 93,8; 92,3; 90,9 e 89,4. Como o teor de matéria orgânica é estimado mediante teor de matéria mineral, e um é antagônico ao outro, ocorre uma relação inversamente proporcional, explicando a redução do teor de matéria orgânica, verificado para as maiores doses de torta de mamona na ensilagem.

Tabela 5 Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), em função dos níveis de torta de mamona no capim-elefante não emurhecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r^2/R^2
MS	$\hat{Y} = 22,5419 + 0,529399^{**} \times TM$	1,6	98,5
MO ¹	$\hat{Y} = 93,8085 - 0,243971^{**} \times TM$	1,3	64,5
MM ¹	$\hat{Y} = 6,19154 + 0,243971^{**} \times TM$	14,4	64,5
EE ¹	$\hat{Y} = 3,38591 + 0,234043^{**} \times TM - 0,0131604^{**} \times TM^2$	8,1	73,7
PB ¹	$\hat{Y} = 4,89595 + 0,731909^{**} \times TM$	2,8	97,8
NIDN ²	$\hat{Y} = 30,5170 - 1,46744^{**} \times TM + 0,0622640^{**} \times TM^2$	6,7	76,4
NIDA ²	$\hat{Y} = 14,8976 - 0,313995^{**} \times TM$	7,1	83,3
NDT ¹	$\hat{Y} = 50,6338 - 0,503726^{**} \times TM$	4,4	77,4
DISMS ¹	$\hat{Y} = 46,36313$	4,3	NS

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ¹ percentagem da matéria seca; ² percentagem do nitrogênio total; NS: não significativo.

Comprovando o que foi dito anteriormente, pode-se observar que estimativas do teor de matéria mineral apresentaram a mesma tendência observada para a matéria orgânica (Tabela 4), porém de maneira inversa. Assim, verifica-se que a silagem não emurhecida ou contendo 6% de torta de mamona apresentou valores, respectivamente, de 6,8 e 6,6% e semelhantes ($P > 0,05$) à silagem de capim-elefante emurhecido (7,3%), porém as silagens contendo 12 ou 18% de torta de mamona diferiram ($P < 0,05$) da silagem emurhecida, apresentando valores superiores, que foram de 9,5 e 10,7%, respectivamente.

Mediante análise de regressão, verificou-se efeito ($P < 0,01$) linear crescente para a variável matéria mineral (Tabela 5). Assim, para cada unidade percentual de torta de mamona adicionada, houve um incremento no teor de matéria mineral de 0,24 unidades. Sendo que para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona estimaram-se valores de matéria mineral de 6,2; 7,7; 9,1 e 10,6%, respectivamente. Comparando a silagem contendo 0% de torta de mamona com a que contém 18%, verifica-se um incremento de 71,0% no teor de matéria mineral. Este incremento foi o que contribuiu, em maior parte, para redução da matéria orgânica, além das perdas que foram minimizadas devido à inclusão desse coproduto.

Para o extrato etéreo, verificou-se que as silagens aditivadas com 6 e 12% de torta de mamona não diferiram ($P > 0,05$) da silagem emurchecida, que apresentaram médias, respectivamente, de 4,2; 4,4 e 4,3%. De maneira oposta, observou-se que as silagens não emurchecidas e contendo 18% de torta de mamona apresentaram menor teor de extrato etéreo (3,4 e 3,3%, respectivamente), sendo assim, estatisticamente, diferente ($P < 0,05$) da silagem emurchecida (Tabela 4). Esses resultados são de difícil interpretação, uma vez que os teores de extrato etéreo do capim-elefante e da torta de mamona são similares (Tabela 1), assim, é possível que as variações observadas sejam decorrentes das perdas.

Na avaliação da equação de regressão para o extrato etéreo, verificou-se que o aumento das doses promoveu um efeito ($P < 0,01$) quadrático (Tabela 5). Desta maneira, verificou-se um valor máximo de extrato etéreo de 4,4% para a dose de 8,9% de torta de mamona adicionada à ensilagem. As silagens avaliadas apresentaram teores de extrato etéreo dentro de uma margem adequada, para serem utilizadas na alimentação de ruminantes.

O valor de proteína bruta, verificado para a silagem emurchecida (4,9%), diferiu ($P < 0,05$) das silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona, sendo observados teores, respectivamente, de 4,2; 10,3; 13,8 e 17,6% (Tabela 4). O menor teor de proteína bruta verificado para a silagem não emurchecida pode estar relacionado à maior produção de $N-NH_3$, apresentado por esse tratamento (Tabela 2). Já os maiores teores de proteína bruta, verificado para as silagens contendo 6, 12 ou 18% de torta da mamona, se devem ao fato do coproduto utilizado ser um alimento proteico, 31,7% de proteína bruta (Tabela 1), assim, em relação diretamente proporcional, os valores proteicos aumentaram com a inclusão das respectivas doses de torta de mamona.

A adição da torta de mamona ao capim-elefante, no momento da ensilagem, aumentou ($P < 0,01$) de forma linear os teores de proteína bruta da silagem (Tabela 5), sendo que, para cada unidade percentual de torta, adicionada à ensilagem, proporcionou acréscimo de 0,7 unidades de proteína bruta na silagem. Portanto, a inclusão do coproduto teve efeito benéfico na ensilagem de capim-elefante que, além de proporcionar a redução da umidade, incrementou o teor proteico das mesmas.

Para todas as silagens estudadas, foi observado que não ocorreu manutenção do teor de proteína bruta do período de ensilagem (Tabela 1) até a obtenção da silagem (Tabela 4). Estas perdas podem estar associadas à produção de $N-NH_3$, em razão de uma possível proteólise microbiana ou enzimática (uréase), associada às perdas por efluente que, de modo geral, foram acima de 10%.

Para a variável nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), verificou-se que a silagem não emurchecida (31,0%) apresentou teores semelhantes ($P>0,05$) ao da silagem emurchecida (29,4%), porém as silagens contendo torta de mamona diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, apresentando teores, respectivamente, de 20,1; 17,1 e 14,5% (Tabela 4). Desta maneira, observa-se que ocorreu efeito de diluição, uma vez que a torta de mamona apresentou baixo teor NIDN (8,6%) Tabela 1, assim, a inclusão desse coproduto teve pouca contribuição nos valores de NIDN das silagens. Estes resultados comprovam a tendência de melhoria da qualidade da silagem ao adicionar torta de mamona.

Para equação de regressão, referente ao NIDN, verificou-se efeito quadrático ($P<0,01$) à medida que foi aumentando o percentual de inclusão de torta de mamona à ensilagem. Assim, estimou-se valor mínimo de NIDN de 21,9% para dose de 11,8% de torta de mamona. Apesar do coproduto apresentar baixo teor de NIDN (8,6%), na Tabela 1, o capim-elefante foi preponderante na manutenção do teor do nitrogênio ligado à fibra, uma vez que seu percentual é alto (28,7%).

Para o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), verificou-se a mesma tendência observada para o NIDN. Portanto, constatou-se que a silagem não emurchecida (15,4%) apresentou teores semelhantes ($P>0,05$) ao da silagem emurchecida (15,1%), porém as silagens contendo torta de mamona (6, 12 ou 18%) diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, apresentando teores, respectivamente, de 12,0; 11,4 e 9,4% (Tabela 4). Contudo, esses resultados mostram maiores benefícios ao utilizar o coproduto em detrimento à técnica do emurchecimento, uma vez que os teores de NIDA foram reduzidos com a utilização da torta de mamona, enquanto que o emurchecimento manteve elevado o teor desse nutriente na silagem.

A inclusão de doses crescentes de torta de mamona ao capim-elefante, no momento da ensilagem, promoveu efeito linear decrescente (Tabela 5). Assim, para cada unidade percentual de torta adicionada à ensilagem, houve uma redução de 0,31 unidades no NIDA. Estes resultados podem ser explicados pelo fato do coproduto apresentar menor teor de NIDA (7,4%) em sua composição do que o capim-elefante (20,7%), demonstrando que a inclusão foi benéfica no sentido de reduzir o teor desse nutriente. Por outro lado, significa que a maior parte do nitrogênio da torta de mamona está na forma disponível.

O NIDA é o nitrogênio ligado à celulose que está incrustada pela lignina, tornando-a indisponível para as bactérias ruminais (VAN SOEST, 1994), assim, se o teor de NIDA foi

reduzido significa que o perfil proteico foi melhorado, e maior proporção de nitrogênio está disponível para as bactérias ruminais.

Analisando as estimativas dos nutrientes digestíveis totais (NDT), pode-se verificar que a silagem não emurchecida (51,2%) não diferiu ($P>0,05$) da silagem emurchecida (51,1%), entretanto, as silagens contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, apresentando valores, respectivamente, de 46,7; 44,9 e 41,7% (Tabela 4). Assim, esses resultados podem ser explicados, mediante análise das frações que compõem o NDT, de modo que o EE foi o nutriente que não teve uma contribuição expressiva, por se encontrar em baixa concentração na torta (Tabela 1). Contudo, as silagens contendo torta de mamona apresentaram teores de NDT inferiores ao da silagem emurchecida e algumas características corroboram para esta situação. Como principais fatores, tem-se observado altos teores de fibra em detergente neutro, acima de 60%, associado a altos teores de lignina presentes tanto na torta de mamona quanto no capim-elefante (Tabela 1 e 4), depreciando a qualidade da fração fibrosa. Além disso, verificaram-se baixos teores de carboidratos não fibrosos à silagem, abaixo de 10%, e elevado teor de MM, acima de 5%, na silagem que juntos colaboram na redução do NDT.

Houve redução linear nos teores de NDT (Tabela 5) com o aumento das doses de torta de mamona. Portanto, para cada unidade percentual de torta adicionada à ensilagem, houve uma redução de 0,5 unidades de NDT. Assim, as estimativas dos teores dessa variável para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona foram, respectivamente, de 50,6; 47,6; 44,6 e 41,6%. Como os valores apresentados encontram-se abaixo de 50%, sugere-se a utilização de outra fonte de energia, quando utilizar silagem de capim-elefante contendo torta de mamona na alimentação de ruminantes.

Na avaliação da digestibilidade *in situ* da MS (DISMS), a silagem não emurchecida (45,0%) não diferiu ($P>0,05$) da silagem emurchecida (41,6%), entretanto, as silagens contendo 6, 12 ou 18% de torta de algodão diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, apresentando valores, respectivamente, de 46,9; 47,0 e 46,6% (Tabela 4). Entretanto, para os dados quantitativos, que se referem às silagens contendo 0, 6, 12 e 18% de torta de mamona, não foi verificada variação na DISMS (Tabela 5) entre as silagens, sendo observado valor médio de 46,6%.

Todas as silagens avaliadas, independente do tratamento, apresentaram digestibilidade inferior a 50%. Contudo, a digestibilidade não é função apenas do alimento como também do ambiente ruminal, assim, uma das prováveis explicações para o resultado observado seria o maior teor de lignina, acima de 10%, verificado nas silagens. Além disso, a torta de mamona não foi desintoxicada e com isso o fator antinutricional (ricina, ricinina ou complexos alergênicos) pode ter impedido o ataque bacteriano e, assim, diminuiu a degradação do alimento.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e FDNcp (corrigido para cinza e proteína) das silagens contendo 6, 12 e 18% de torta de mamona diferiram ($P < 0,05$) da silagem emurchecida, enquanto a silagem de capim-elefante não emurchecida apresentou valores similares ($P > 0,05$) ao da silagem emurchecida (Tabela 6). Ao considerar-se, apenas, os níveis de inclusão de torta de mamona no capim-elefante, os teores de FDN e FDNcp apresentaram comportamento linear decrescente ($P < 0,01$), estimando-se, respectivamente, reduções de 0,6 e 0,8 unidades percentuais por unidade de torta de mamona adicionada à ensilagem (Tabela 7). Isso se deve, provavelmente, ao menor teor de FDN da torta de mamona (42,8% da MS) em relação ao capim-elefante (75,1 %) (Tabela 1).

Tabela 6 Valores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e coeficiente de variação (VC) da silagem de capim-elefante emurchecido e das silagens de capim-elefante não emurchecido aditivado com torta de mamona

Item	Capim-elefante emurchecido	Torta de mamona (%)				CV (%)
		0	6	12	18	
FDN ¹	80,0	79,2	73,2*	70,2*	68,8*	3,4
FDNcp ¹	78,8	77,5	69,9*	65,0*	63,0*	3,6
FDA ¹	67,8	66,8	63,3*	61,9*	55,4*	3,7
Hemicelulose ¹	12,4	15,0	9,9	7,8*	14,0	19,6
Celulose ¹	57,0	55,6	47,5*	41,7*	32,0*	3,2
Lignina ¹	10,0	10,3	14,2*	16,2*	20,8*	7,1
CT ¹	83,3	85,7	78,8*	72,3*	68,4*	1,7
CNFcp ¹	4,4	7,4*	7,9*	7,3*	8,1*	11,7

* Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett; ¹ percentagem da matéria seca.

Resultados semelhantes ao obtido neste estudo foram verificados por Ferrari Júnior. & Lavezzo (2001), Bernadino et al. (2005), Carvalho et al. (2007b) e Zanine et al. (2007) que também observaram redução do teor de FDN de silagens de capim-elefante acrescidas com farelo de mandioca, casca de café, farelo de cacau e farelo de trigo, respectivamente.

A redução no teor de FDN das silagens, à medida que se adicionou a torta de mamona, representa ponto positivo para nutrição de ruminantes, uma vez que a concentração de FDN das dietas dos animais tem sido apontada como um dos principais reguladores do consumo por sua lenta degradação e reduzida taxa de passagem. Se a ingestão é reduzida pela limitação física, alimentos com alto teor de FDN, como os volumosos, poderão ter sua ingestão restringida, limitando a expressão do potencial genético do animal para produção (CARVALHO et al., 2006).

A análise estatística dos dados da fibra em detergente ácido (FDA) revelou diferenças ($P < 0,05$) entre a silagem de capim-elefante emurhecido (67,8%) e as silagens contendo 6, 12 e 18% de torta de mamona, respectivamente, de 63,3; 61,9 e 55,4% que, por sua vez, foram inferiores (Tabela 6). A adição de doses de torta de mamona ao capim-elefante resultou em decréscimo linear ($P < 0,01$) sobre o teor de FDA das silagens, provavelmente, devido ao menor conteúdo deste constituinte na torta de mamona (Tabela 1).

Tabela 7 Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF), em função das doses de torta de mamona no capim-elefante não emurhecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r^2/R^2
FDN ¹	$\hat{Y} = 77,9892 - 0,570019^{**} \times TM$	3,9	66,7
FDNcp ¹	$\hat{Y} = 76,1072 - 0,803930^{**} \times TM$	4,1	78,7
FDA ¹	$\hat{Y} = 67,1726 - 0,593107^{**} \times TM$	3,9	73,6
Hemicelulose ¹	$\hat{Y} = 15,2203 - 1,48713^{**} \times TA + 0,0778827^{**} \times TM^2$	21,4	62,9
Celulose ¹	$\hat{Y} = 55,6532 - 1,27439^{**} \times TM$	3,7	96,6
Lignina ¹	$\hat{Y} = 10,3230 + 0,561287^{**} \times TM$	6,5	93,2
CT ¹	$\hat{Y} = 85,0528 - 0,973036^{**} \times TM$	1,7	95,7
CNFcp ¹	$\hat{Y} = 7,66770$	11,1	NS

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ² percentagem da matéria seca; NS: Não significativo.

Para a hemicelulose, foi observado que as silagens não emurhecidas ou contendo 0, 6 e 18% de torta de mamona não diferiram ($P > 0,05$) entre si, apresentando teores, respectivamente, de 12,4; 15,0; 9,9 e 14,0%, porém a silagem contendo 12% de torta de mamona apresentou 7,8% de hemicelulose, que diferiu ($P < 0,05$) da silagem emurhecida (Tabela 6).

Verificou-se comportamento quadrático para a hemicelulose, em função das doses de torta de mamona, sendo observado valor mínimo de 8,1% de hemicelulose para dose de 9,5% de torta de mamona (Tabela 7). Diante da equação de regressão, estimou-se os teores de hemicelulose, que foram 15,2; 9,1; 8,6 e 13,7%, respectivamente, para as silagens aditivadas com 0, 6, 12, e 18% de torta de mamona.

O teor de celulose da silagem de capim-elefante não emurhecido foi similar ($P > 0,05$) ao da silagem de capim-elefante emurhecido. Entretanto, as silagens de capim-elefante contendo 6, 12 e 18% de torta de mamona diferiram ($P < 0,05$) da silagem de capim emurhecido (Tabela 6). Ao considerar apenas as doses de torta de mamona no capim-elefante, a concentração de celulose nas silagens apresentou, por meio da análise de regressão, comportamento linear

decrecente ($P < 0,01$), sendo atribuído decréscimo de 1,3 unidades de celulose para cada unidade percentual de torta de mamona, adicionada às silagens (Tabela 7). Observa-se que a torta de mamona apresenta, aproximadamente, metade da quantidade de celulose presente no capim-elefante (Tabela 1), podendo explicar que, por efeito de diluição, a torta de mamona possibilita redução desse constituinte da parede celular.

Para o teor de lignina, apenas a silagem produzida com capim-elefante não emurchecido apresentou valor similar ao da silagem de capim emurchecido. As demais silagens (6, 12 e 18% de adição de torta de mamona) foram, estatisticamente, superiores ao tratamento testemunha (emurchecido). Observou-se aumento linear na concentração de lignina em função das doses de torta de mamona (Tabela 7), estimando-se acréscimo de 0,6 unidades de lignina por unidade de torta de mamona.

De forma semelhante, Carvalho et al. (2007b), trabalhando com diferentes doses de farelo de cacau na silagem de capim-elefante (0, 7, 14, 21 e 28%), observaram aumento linear nos teores de lignina, estimando-se aumento de 0,3% a cada 1% de adição desse coproduto na ensilagem de capim-elefante. Porém, ao contrário da torta de mamona, o farelo de cacau apresenta elevada concentração de lignina (17,9%) que, conforme explicação dos autores supracitados, fator que pode ter incrementado a concentração deste constituinte nas silagens. Desta maneira, neste estudo, a elevação da quantidade de lignina nas silagens aditivadas é de difícil explicação, pois a torta de mamona possui teor de lignina (8,2%) semelhante ao do capim-elefante (10,0%), assim, esperava-se pequena redução ou nenhuma alteração desta fração nas silagens.

Os teores de carboidratos totais variaram em função do emurchecimento e das doses de torta de mamona (Tabela 6). As silagens de capim-elefante, contendo 6, 12 e 18% de torta de mamona, apresentaram teor de carboidratos totais inferiores ($P < 0,05$) ao da silagem de capim-elefante emurchecido. Por outro lado, a silagem de capim-elefante não emurchecido apresentou valores de carboidratos totais similares ($P > 0,05$) ao da silagem de capim emurchecido. A análise de regressão revelou que as doses de torta de mamona na ensilagem provocaram decréscimo nos teores de carboidratos totais, sendo observado uma diminuição de 1 unidade para cada unidade de torta de mamona adicionada (Tabela 7).

Os valores de carboidratos são fortemente influenciados pelos valores de proteína bruta e extrato etéreo, haja vista a utilização dessas variáveis para determinação dos carboidratos totais, conforme modelo proposto por Sniffen et al. (1992). Portanto, como a torta de mamona apresenta valores consideráveis destes nutrientes (Tabela 1), provavelmente, isso favoreceu a diminuição no teor dos carboidratos totais ao utilizar diferentes doses desse subproduto na ensilagem.

Para os carboidratos não fibrosos corrigidos para cinza e proteína (CNFcp), verificou-se que as silagens contendo 0, 6, 12 e 18% de torta de mamona apresentaram maior teor para essa

variável, quando comparada com a silagem de capim-elefante emurchecido (Tabela 6). Esse aumento gradual era esperado, uma vez que a torta de mamona apresentou maior teor de CNFcp (18,0%) em relação à silagem não emurchecida (11,1%), apesar da diferença ser de apenas 6,9 pontos percentuais. À medida que se aumentou as doses de torta de mamona, diminuiu a relação forragem:torta, o que pode ter ocasionado este aumento.

Ao considerar apenas os níveis de inclusão da torta de mamona à ensilagem, pode-se observar na Tabela 7 que os teores de CNFcp foram semelhantes ($P>0,01$), apresentando média de 7,7%. Contudo, verifica-se que os teores de CNFcp do material, no momento da ensilagem, contendo 0, 6, 12 ou 18% foram, respectivamente, de 11,1; 16,4; 6,5 e 7,7% (Tabela 1) e, ao contrastar com os respectivos teores encontrados na silagem (Tabela 6), percebe-se que para as silagens aditivadas com 0 e 6% de torta de mamona não houve manutenção nos teores de CNFcp. A utilização dos carboidratos não fibrosos, no processo de fermentação da silagem, proporciona queda rápida do pH pelo maior aporte de substrato aos microrganismos que, por sua vez, produzem ácidos orgânicos que conferem abaixamento de pH e conservação do material.

Por outro lado, ao comparar as concentrações de CNFcp do material, no momento da ensilagem, contendo 12 e 18% de torta de mamona (Tabela 1), com a silagem das respectivas doses (Tabela 6), observa-se que não houve utilização desse nutriente no processo de fermentação. Possivelmente a redução da umidade pela adição da torta de mamona nas doses supracitadas (Tabela 4) pode ter reduzido a atividade água e esta, por sua vez, não favoreceu a proliferação de microrganismos que utilizam esse nutriente.

Para as frações dos carboidratos com elevada taxa de degradação ruminal (A+B1), foram verificados que as silagens não emurchecidas (0% de torta de mamona), contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona, apresentaram valores, respectivamente, de 7,4; 8,4; 7,3 e 8,1% que diferiam ($P<0,05$) da silagem emurchecida (4,4%), Tabela 8. Contudo, na silagem emurchecida não houve manutenção do teor da fração A+B1 (carboidratos não-fibrosos), quando comparada com o material no momento da ensilagem (Tabela 1), podendo ser atribuídas as perdas por gases que ocorreram (Tabela 4), pois esta fração é o principal substrato utilizado pelas bactérias ácido lácticas. Entretanto, para as silagens contendo 0 e 6% de torta de mamona, também, observou-se redução no teor das frações A+B1 na abertura do silo em relação à ensilagem. Fato este que, possivelmente, ocorreu devido ao menor teor de MS apresentado pelas silagens supracitadas no momento da ensilagem. Por outro lado, como a adição de 12 e 18% de torta de mamona no capim-elefante foi eficiente em aumentar o teor de MS do material ensilado, incrementos nas frações A+B1 foram verificados para esses tratamentos.

Analisando a equação de regressão referente à fração A+B1 (Tabela 9), verificou-se que para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona, não houve diferença ($P>0,01$), apresentando valor médio de 7,8%. Pode-se constatar que os teores médios dessa fração dos

carboidratos foram baixos, menores que 10%, sendo assim, a inclusão da torta de mamona não promoveu incremento, apesar do teor de CNFcp desse coproduto ser de 18% (Tabela 1). Esse fato pode ser atribuído ao consumo desta fração pelas bactérias fermentadoras de carboidratos não fibrosos, para aumento da população com consequente produção de ácidos orgânicos, que promovem a redução do pH, ou também pode ser atribuída à maior perda por efluente, na qual, em meio à solução, são carregados (açúcares solúveis e ácidos orgânicos) para o fundo do silo, promovendo redução da fração A+B1.

Tabela 8 Valores médios de carboidratos totais (CT), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (C), bem como as frações proteicas correspondentes ao nitrogênio não proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3), fração não digestível (C) e coeficiente de variação (CV) da silagem de capim-elefante emurhecido e das silagens de capim-elefante não emurhecido aditivado com torta de mamona

Item	Capim-elefante emurhecido	Torta de mamona (%)				CV (%)
		0	6	12	18	
CT (%MS)	83,3	85,7	78,8*	72,3*	68,4*	1,7
PB (%MS)	4,9	4,2*	10,3*	13,8*	17,6*	3,0
Frações dos carboidratos (% CT)						
A + B1	4,4	7,4*	8,4*	7,3*	8,1*	13,3
B2	53,4	55,6	56,6	59,2	51,6	5,0
C	42,2	37,0	35,0*	33,5*	40,3	7,6
Frações de proteicas (% NT)						
A	50,2	49,7	48,2	44,2*	36,8*	5,1
B1 + B2	20,4	19,3	29,2*	32,6*	39,4*	10,5
B3	14,3	15,5	10,5	11,8	14,4	15,3
C	15,1	15,5	12,1*	11,4*	9,4*	7,5

* Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett;

Contudo, vale ressaltar que, em dietas para ruminantes contendo fontes proteicas de rápida e média degradação no rúmen, é essencial a utilização de outra fonte de alimento, de elevado teor de carboidratos não fibrosos, para que ocorra melhor sincronização entre a liberação de energia e nitrogênio, uma vez que as silagens estudadas apresentaram baixos teores da fração A+B1.

Para os carboidratos fibrosos, potencialmente digestíveis (Fração B2), verificou-se que as silagens não emurhecidas, contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona, não diferiram da silagem emurhecida, apresentando valor médio de 55,3% (Tabela 9), desta maneira, pode-se

afirmar que, tanto o emurhecimento quanto a adição de torta de mamona na ensilagem não promoveram maior disponibilidade da fração B2. Isso, provavelmente, ocorreu devido aos baixos teores de hemicelulose e celulose, verificados na torta de mamona (Tabela 1).

Tabela 9 Equação de regressão, coeficiente de variação (CV) e coeficiente de determinação, obtidos para os teores de carboidratos não fibrosos (A+B1), componentes da parede celular disponíveis, que correspondem à fração potencialmente degradável (B2), fração indigestível da parede celular (C), bem como as frações proteicas correspondentes ao nitrogênio não proteico (A), fração de rápida e de intermediária degradação (B1+B2), fração de lenta degradação (B3) e fração não digestível (C), em função das doses de torta de mamona no capim-elefante não emurhecido

Item	Equação de regressão	CV (%)	r ² /R ²
Frações dos carboidratos (% CT)			
A + B1	$\hat{Y} = 7,79868$	12,8	NS
B2	$\hat{Y} = 55,75653$	5,3	NS
C	$\hat{Y} = 36,44479$	8,4	NS
Frações proteicas (% NT)			
A	$\hat{Y} = 51,1707 - 0,716314^{**} \times TM$	4,4	82,0
B1 + B2	$\hat{Y} = 20,5538 + 1,06300^{**} \times TM$	9,3	86,8
B3	$\hat{Y} = 13,08366$	16,0	NS
C	$\hat{Y} = 14,8976 - 0,313995^{**} \times TM$	7,1	83,3

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; NS: Não significativo.

Observa-se neste estudo, que a fração B2 é a maior dentre as quatro frações que compõe os carboidratos totais, sendo assim, Russell et al. (1992) afirmam que alimentos com elevado teor desta fração demandam nitrogênio não proteico para atender os requisitos de nitrogênio dos microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais.

Para a fração indigestível (C, %CT), foram verificados que as silagens não emurhecidas e contendo 18% de torta de mamona são similares (P>0,05) à silagem emurhecida, apresentando valores, respectivamente, de 37,0; 40,3 e 42,2% de fração C. Entretanto, as silagens contendo 6 e 12% apresentaram valores (35,0 e 33,5%) que diferiram (P<0,05) da silagem emurhecida (Tabela 8). Os menores resultados verificados para as silagens contendo 6 e 12% de torta de mamona são de difícil explicação, uma vez que a fração C corresponde à fibra em detergente neutro indigestíveis (FDNi) e esta apresenta uma relação direta com o teor de lignina. Assim, o aumento das doses incrementou os teores de lignina das silagens (Tabela 7), no entanto, esperava-se comportamento semelhante para a fração indigestível dos carboidratos.

Ao analisar os diferentes níveis de inclusão da torta de mamona no capim-elefante, no momento da ensilagem, verifica-se que a análise de regressão não detectou diferença significativa ($P>0,01$) para o teor da fração C dos carboidratos, apresentando média de 36,4% (Tabela 9). Assim, pode-se relatar que o aumento das doses do coproduto na ensilagem promoveu a manutenção desta fração, devido à menor concentração de lignina na torta (8,2%) em relação ao capim-elefante (10,0) (Tabela 1). Teores elevados da fração C nos alimentos são indesejados porque pode diminuir o consumo ou muitas vezes, limitar (repleção ruminal) com consequente diminuição do desempenho produtivo.

Lima et al. (2008), avaliando o fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados de genótipos de capim-elefante aos 56 dias de rebrota, verificaram que a silagem confeccionada com a cultivar Napier apresentou valores para as frações A+B1, B2 e C de 4,3; 79,0 e 16,6%, respectivamente. Já para a variedade Cameroon, os valores verificados foram, respectivamente, de 5,5; 82,0 e 12,5%. No entanto, Pires et al. (2009) avaliando o fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca, verificaram que a silagem de capim-elefante, cultivar Napier (80 dias de rebrota) apresentou teores de 16,6; 68,9 e 14,5% para as respectivas frações dos carboidratos (A+B1, B2 e C). Diante do exposto, verifica-se que o perfil das frações dos carboidratos é muito variável, estando correlacionado com a variedade da planta, o cultivar, a época de corte e as condições climáticas. Com isso, o fracionamento de carboidratos dos alimentos representa ferramenta fundamental para elaboração de dietas mais eficientes com o intuito de obter melhores resultados produtivos.

Em relação às frações proteicas, verificou-se para o nitrogênio não proteico (Fração A% do nitrogênio total) das silagens, não emurchecida ou contendo 6% de torta de mamona, teores semelhantes ($P>0,05$) ao da silagem de capim-elefante emurchecido, enquanto que os tratamentos com 12 e 18% deste coproduto apresentaram valores inferiores ao tratamento testemunha (emurchecido) Tabela 8. Na análise de regressão, verificou-se que com o aumento de inclusão das doses de torta de mamona, ocorreu uma diminuição ($P<0,01$) linear nos teores da fração A (Tabela 9) da ensilagem. Assim, para cada unidade de torta adicionada à ensilagem, houve uma redução de 0,72 unidades desta fração. À medida que incluem níveis crescentes de torta de mamona à ensilagem, os teores de nitrogênio amoniacal foram diminuindo (Tabela 3), o que, possivelmente, inferiu em menor concentração de nitrogênio não proteico com a inclusão do coproduto na ensilagem. Os teores médios da fração A, estimados pela equação de regressão para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona, foram de 51,2; 46,9; 42,6 e 38,3, respectivamente. Contudo, a diferença percentual entre a menor dose e a maior foi de 25,2%.

As frações B1 e B2, neste estudo, foram consideradas como uma única fração (B1+B2) e se referem às proteínas solúveis e insolúveis verdadeiras, com média velocidade de degradação. Observou-se que a silagem não emurchecida apresentou menor teor desta fração e

foi, estatisticamente, semelhante ($P>0,05$) à silagem emurchecida, apresentando valores, respectivamente, de 19,3 e 20,4%. Já as silagens contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona foram diferentes ($P<0,05$) da silagem não emurchecida, sendo verificados os respectivos valores 29,2; 32,6 e 39,4% (Tabela 8).

Verificou-se comportamento linear crescente para a fração B1+B2 a partir da inclusão de doses de torta de mamona (Tabela 9), sendo que, para cada unidade percentual do coproduto adicionada à ensilagem, houve aumento de 1,1 unidades na fração B1+B2. Estimou-se, para as silagens contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona, valores equivalentes à fração supracitada, respectivamente, de 20,6; 26,9; 33,3 e 39,7%. Diante dos resultados, fica evidente que a adição deste coproduto ao capim-elefante contribuiu no aumento da fração B1+B2, o que confere, às essas silagens, melhor valor proteico.

A fração A é composta de aminoácidos, peptídeos e nitrogênio não proteico, sendo de disponibilidade imediata no rúmen. Desta maneira, percebe-se que, dentre as frações proteicas das silagens estudadas, o maior percentual é composto pela fração A, seguida das frações B1+B2 (média degradação). Desta maneira, em relação à nutrição de ruminantes, torna-se necessária a inclusão de fontes de carboidratos de rápida degradação ruminal para favorecer sincronização entre energia e proteína, maximizando a síntese de proteína microbiana (VALADARES FILHO, 2000).

A fração proteica B3 (% do nitrogênio total) é considerada como uma fração digerível, porém é caracterizada pela lenta degradação no rúmen, uma vez que está associada à parede celular. Contudo, verificou-se que as silagens não emurchecidas, contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona, não diferiram ($P>0,05$) da silagem emurchecida (Tabela 8). Assim, pode-se dizer que as diferentes doses do coproduto não promoveram interferências na fração B3, muito embora isso possa ser atribuído ao menor teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido da torta de mamona (8,6%), em relação ao capim-elefante (29,9%) Tabela 1. Mesma tendência foi verificada para os dados quantitativos referentes às silagens, contendo 0, 6, 12 ou 18% de torta de mamona, na qual, independente da dose utilizada, verificou-se teor médio de 13,1% para fração B3.

Diante dos resultados verificados nas frações A, B1+B2 e B3, pode-se afirmar que a maior parte da proteína contida nas silagens é degradada no rúmen, uma vez que menores frações de B3 foram verificadas e esta grande parte escapa à degradação ruminal, por apresentar uma reduzida taxa de degradação, passando a ser degradada em nível de intestino delgado, caracterizando-a como proteína não degradada no rúmen.

Averiguou-se que a silagem não emurchecida não diferiu ($P>0,05$) da silagem emurchecida, apresentando valores, respectivamente, de 15,1 e 15,5%, no entanto, as silagens contendo 6, 12 ou 18% de torta de mamona diferiram ($P<0,05$) da silagem emurchecida, sendo verificados os respectivos valores de 12,1; 11,4 e 9,4% para a fração C (Tabela 8). Então, a

inclusão da torta de mamona conferiu benefícios ao capim-elefante, sobretudo, pela redução da fração C. Este fato pode ser atribuído à diminuição nos teores de NIDA, que o coproduto proporcionou à medida que níveis crescentes do mesmo foram adicionados à ensilagem (Tabela 4).

Confirmando os argumentos anteriores, verificou-se que a equação de regressão apresentou comportamento linear decrescente (Tabela 9), então, para cada unidade de torta de mamona adicionada à ensilagem, houve uma diminuição de 0,31 unidades da fração C. Contudo, variações deste tipo são bons indicativos para utilizar este coproduto na ensilagem, pois desta maneira disponibiliza-se mais proteína potencialmente degradável.

Lima et al. (2008) avaliando o fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados de genótipos de capim-elefante aos 56 dias de rebrota, verificaram que a silagem confeccionada com a cultivar Napier apresentou os seguintes valores para as frações proteicas, A, B1+B2, B3 e C, respectivamente, 32,8; 40,6; 21,4 e 5,3%; já para a variedade Cameroon, os valores verificados foram, respectivamente, de 39,2; 37,4; 17,2 e 6,2%. No entanto, Pires et al. (2009) avaliando o fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca, verificaram que a silagem de capim-elefante cultivar Napier (80 dias de rebrota) apresentou os seguintes teores para as frações proteicas A, B1+B2, B3 e C que foram, respectivamente, de 42,9; 38,4; 10,7 e 8,0%. Diante do exposto, observou-se que o perfil das frações proteicas é variável, estando em função da variedade, do cultivar, da época de corte e das condições climáticas. Assim, o fracionamento de proteína é de fundamental importância na elaboração de dietas mais eficientes, uma vez que a proteína é um nutriente que, geralmente, mais onera o custo da dieta, bem como o conhecimento destas frações possibilitam a escolha de alimentos proteicos de alta qualidade para compor as dietas dos animais.

4 CONCLUSÕES

A torta de mamona destaca-se como um bom aditivo para absorção da umidade na ensilagem de capim-elefante, por proporcionar redução das perdas e incrementar o valor nutritivo da silagem.

O emurhecimento do capim-elefante pela exposição ao sol não foi eficiente em reduzir o teor de umidade da forragem para teores satisfatórios à ensilagem, apresentado maiores teores de perdas (gás, efluente e total) que comprometeu o valor nutritivo da silagem.

A dose de 18% de torta de mamona, quando adicionada à ensilagem, foi eficiente em reduzir as perdas por gases, efluente e total, e melhorar a composição bromatológica, com exceção dos nutrientes digestíveis totais.

A inclusão das diferentes doses de torta de mamona não alterou as frações que compõem os carboidratos, sendo que, as maiores frações encontradas são as referentes aos carboidratos fibrosos potencialmente digestíveis (B2) e a fração indigestível (C), enquanto para o fracionamento de proteína, houve redução da proteína indisponível (C).

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.H.T.; AMORIM, H.; CASTELLETTI, C.E.M. et al. **Caracterização dos Coprodutos do Processamento do Biodiesel de Mamona para Geração de Energia Térmica e Elétrica.** In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BODIESEL, 1, 2006, Brasília. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília: MCT/ABIPTI, 2006. p.68-72.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis.** 16. ed. Arlington: AOAC, v.2, 1995.
- BELTRÃO, N.E.M. **Informações sobre o biodiesel, em especial feito com o óleo de mamona.** Comunicado técnico n. 177 da Embrapa, dezembro de 2003a. ISSN 0102-0099.http://www.cnpa.embrapa.br/plataforma_mamona/publicacoes/comunicacoes/04.PDF. Acessado em: 12 de abril de 2008.
- BELTRÃO, N.E.M. **Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento.** Comunicado técnico n. 171 da Embrapa, janeiro de 2003b. ISSN 0102-0099. http://www.cnpa.embrapa.br/plataforma_mamona/publicacoes/comunicacoes/02.PDF. Acessado em: 12 de abril de 2008.
- 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.
- BIODIESEL BR.COM. **Tudo sobre biodiesel.** Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/biodiesel.htm>. Acessado em: 12 de maio de 2008.
- CÂNDIDO, M.J.D.; VIEIRA, M.M.M.; BOMFIM, M.A.D. et al. Consumo e desempenho de ovinos alimentados com dietas contendo quatro níveis de farelo de mamona. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante emurhecido ou com diferentes níveis de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1347-1354, 2008.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurhecido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1000-1005, 2007a (suplemento 4).
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurhecido ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1495-1501, 2007b (suplemento 5).
- CARVALHO, S.; ROGUIDES, M.T.; BRANCO, R.H. et al. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1153-1161, 2006 (suplemento 3).
- 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.
- COSTA, F.X.; SEVERINO, S.S.; BELTRÃO, N.E.de M. et al. Avaliação de teores químicos na torta de mamona. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, p. 1-7, 2004.
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International.** 16. ed. Arlington: AOAC International, v.1, 1995.

- DITCHFIELD, C. **Estudos dos métodos para a medida da atividade de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000. 195p
- DUNNETT, C.W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with control. **Journal American State Association**, v.50, n.272, p.1096-1121, 1955.
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; PERON, A.J. et al. Avaliação da composição química de tortas de mamona e amendoim obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA (Energia e Sustentabilidade), 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Congresso Brasileiro de Mamona, 2004.
- 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.) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.
- FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.223-229, 2009.
- HALL, M.B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, n.12, p.3226-3232, 2003.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007. (suplemento especial).
- KUMAR, O.; SUGENDRAN, K.; VIJAYARAGHAVAN, R. Oxidative stress associated hepatic and renal toxicity induced by ricin in mice. **Toxicon**, v.41, p.333-338, 2003.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science Technological**, v.57, n4, p.347-358, 1996.
- LIMA, E.da S.; SILVA, J.C. da; VÁSQUEZ, H.M. et al. Fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados de genótipos de capim-elefante aos 56 dias de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.1928-1933, 2008.
- LINDGREN, S. Can HACCP Principles be applied for silage safety? In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 7. Uppsala, 1999. **Proceedings...** Uppsala: Swedish University of Agricultural Science, p.51-66, 1999.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Willey & Sons, 1981. 218.
- McDONALD, P.; HERDERSON; A.R. HERSON; S.J.E. In: **The biochemistry of silage**. 2 ed. Malow: Chalcombe Publications, p.167-249, 1991.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of Association Official Analytical Chemists International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- 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. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington D.C.: National Academy Press, 2001. 289p.
- NEIVA, J.N.M.; NUNES, F.C.S.; DUARTE, M.J. et al. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante enriquecidas com subproduto do processamento do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1845-1851, 2006.

- NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- OLIVEIRA, A.S. **Coprodutos da extração de óleo de sementes de mamona e girassol na alimentação de ruminantes**. Viçosa-MG: Universidade Federal Viçosa, 2008. 166p. Tese (Doutorado em Zootecnia). UFV. Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Consumo, digestibilidade dos nutrientes e indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona tratado ou não com hidróxido de cálcio**. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1, 2006, Brasília. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília: MCT/ABIPTI, 2006. p.8-13.
- PATRIZI, W.L.; MADRUGA JÚNIOR, C.R.F.; MINETTO, T.P. et al. Efeito de aditivos biológicos comerciais na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.3, p.392-397, 2004.
- 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.
- PETROBIO. **Biodiesel: Viabilidade econômica**. 2005. Disponível em: www.plantebiodiesel.com.br/MANUAIS%20DO%20CD/27%20%20BIODIESEL%20%20VIABILIDADE%20ECONOMICApara%20100000%20Litros%20de%20Biodiesel%20por%20dia.pdf. Acessado em: 07 de maio de 2008.
- PINHO, B.D.; PIRES, A.J.V.; RIBEIRO, L.S.O. et al. Ensilagem de capim-elefante com farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.9, n.4, p.641-651, 2008.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R. et al. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.34-39, 2009.
- PIRES, M.M.; ALVES, J.M.; ALMEIDA NETO, J.A. et al. Biodiesel de Mamona: Uma Avaliação Econômica, 2004. Disponível em: www.redebaianadebiocombustiveis.ba.gov.br/arquivo/164.pdf. Acesso em: 18 de novembro de 2007.
- RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG (Sistema de análises estatísticas e genéticas)**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.
- 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.
- RODRIGUES, P.H.M.; LOBO, J.R.; SILVA, E.J.A. et al. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1751-1760, 2007.
- RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3551-3581, 1992.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.
- SEVERINO, L.S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N.E.M. **Mamona: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de Alimentos : Métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, A.L.; BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.828-833, 2003.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: 1999. v.8, 295p.
- STORCK BIODIESEL. **O que é o biodiesel?**, 2008. Disponível em: <http://www.storckbiodiesel.com.br/index5.htm>. Acessado em: 10 de maio de 2008.
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. The use of detergents in analysis of fibrous feeds: iv. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of Association Official Analytical Chemists International**, v.50, p.50-55, 1967.
- VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Coronel Pacheco, **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 1990. p.89-131.
- 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.
- WILKINSON, J.M. Silages made from tropical and temperate crops. 1. The ensiling process and its influence on feed value. **World Animal Review**, v.45, n.45, p.36-42, 1983.
- ZANINE, A.de M; SANTOS, E.M; FERREIRA, D.J. et al. Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. **Ciência Animal Brasileira**, v.44, n.8, p.609-620, 2007.