

**AVALIAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-
ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum.)
COM INCLUSÃO DO FARELO DA VAGEM
DE ALGAROBA (*Prosopis juliflora*)**

ANÍBAL COUTINHO DO RÊGO

2008

ANÍBAL COUTINHO DO RÊGO

AVALIAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum.) COM INCLUSÃO DO FARELO DA VAGEM DE ALGAROBA (*Prosopis juliflora*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Paulo César de Aguiar Paiva

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Rêgo, Aníbal Coutinho do.

Avaliação de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*,
Schum.) com inclusão do farelo da vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*)
/ Aníbal Coutinho do Rêgo. – Lavras : UFLA, 2008.

81 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Paulo César de Aguiar Paiva.

Bibliografia.

1. Degradabilidade. 2. Digestibilidade. 3. *Pennisetum purpureum*. 4.
Prosopis juliflora. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.213

ANÍBAL COUTINHO DO RÊGO

AVALIAÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*, Schum.) COM INCLUSÃO DO FARELO DA VAGEM DE ALGAROBA (*Prosopis juliflora*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de julho de 2008

Prof. Dr. Joel Augusto Muniz UFLA

Prof. Dra. Nadja Gomes Alves UFLA

Prof. Paulo César de Aguiar Paiva
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, José Tarcisio do Rêgo e Ludmila Ribeiro do Rêgo, a minha irmã Rafaela, aos meus irmãos Eduardo e Luiz Gustavo e a minha namorada Ingrid pelo apoio, compreensão em todos os momentos difíceis e ao amor a mim dedicado.

DEDICO.

Todos aqueles que contribuíram de alguma forma para concretização desse sonho.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTO

A Deus que me deu força nos momentos mais difíceis.

A Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de realização desse curso de mestrado.

À CAPES e ao CNPq, pela bolsa concedida.

Ao Prof. Dr. Paulo César de Aguiar Paiva, pela amizade, orientação, paciência, disponibilidade e conselhos.

A professora Nadja Gomes e ao professor Joel Muniz pelas valiosas sugestões.

Aos amigos de república Cleilson, Keline e Vladimir, pela amizade e brincadeiras.

Aos meus colegas de curso Eric, Fabiano, Fabrício, Gabriela, João Fernando, João Irineu, Leandra, Marcelo, Otávio pelos bons momentos compartilhados durante o curso.

Aos amigos do Laboratório de Pesquisa Animal, José Virgílio, Márcio e Eliana.

Aos meus tios Cláudio, Célio e as minhas tias Louise Helena, Elane, Hilda, Maria José, pelo apoio, amizade e estímulos recebidos.

Eu sou de uma terra que o povo padece
Mas nunca esmorece, procura vencê
Da terra adorada, que a bela caboca
De riso na boca zomba no sofrê.

Não nego meu sangue, não nego meu nome,
Olho para fome e pergunto: o que há?
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou cabra da peste, sou do Ceará.

Tem munta beleza minha boa terra,
Derne o vale à serra, da serra ao sertão.
Por ela eu me acabo, dou a própria vida
É terra querida do meu coração.

Meu berço adorado tem bravo vaquêro
E tem jangadêro que domina o má.
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou cabra da peste, sou do Ceará.

Ceará valente que foi munto franco
Ao guerrêro branco Soare Moreno,
Terra estremeçada, terra preçileta
Do grande poeta Juvená Galeno.

Sou dos verde mare da cô da esperança,
Que as água balança pra lá e pra cá.
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou cabra da peste, sou do Ceará.

Ninguém me desmente, pois, é com certeza,
Quem qué vê beleza vem ao Cariri,
Minha terra amada pissui mais ainda,
A muié mais linda que tem o Brasi.

Terra da jandaia, berço de Iracema,
Dona do poema de Zé de Alencá.
Eu sou brasileiro fio do Nordeste,
Sou cabra da peste, sou do Ceará.



Patativa do Assaré

BIOGRAFIA

Aníbal Coutinho do Rêgo, filho de José Tarcisio do Rêgo e Ludmila Ribeiro do Rêgo, nasceu na cidade de Quixeramobim, estado do Ceará, no dia 19 de janeiro de 1985.

Concluiu a sua vida pré-acadêmica na Organização Educacional Farias Brito – FB, finalizando seus estudos em nível de Ensino Médio no ano de 2001.

Em março de 2002, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal do Ceará (UFC), foi bolsista do Programa de Educação Tutorial – PET durante três anos e meio, exercendo atividades de pesquisa, ensino e extensão. Durante sua vida acadêmica realizou pesquisas nas áreas de Forragicultura e Nutrição de Ruminantes sob orientação do Prof. Dr. José Neuman Miranda Neiva e do Prof. Dr Magno José Duarte Cândido.

Em março de 2007, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade do Federal de Lavras na área de concentração Nutrição de Ruminantes, sob a orientação do Prof. Dr. Paulo César de Aguiar Paiva, concluindo o mesmo em 29 de julho de 2008.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE SIGLAS.....	i
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 Algaroba (<i>Prosopis juliflora</i>).....	4
2.2 Capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> , Schum.).....	7
2.3 Silagem	10
2.4 Aditivos utilizados na ensilagem	11
2.5 Avaliação nutricional de alimentos.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Localização e características climáticas.....	17
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	17
3.3 Farelo da vagem de algaroba (FVA).....	18
3.4 Capim-elefante.....	19
3.5 Análises laboratoriais.....	19
3.6 Ensaio de digestibilidade <i>in vitro</i>	20
3.7 Ensaio de degradabilidade <i>in situ</i>	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Composição químico-bromatológica do farelo de algaroba	25
4.2 Composição químico-bromatológica do material antes da ensilagem.....	26
4.3 Composição químico-bromatológica das silagens.....	27
4.4 Características das silagens.....	28
4.4.1 Teor de matéria seca das silagens	28

4.4.2 Teor de proteína bruta das silagens.....	30
4.4.3 Teor de matéria mineral das silagens.....	32
4.4.4 Teor de extrato etéreo das silagens.....	34
4.4.5 Valores de pH das silagens.....	36
4.4.6 Teor de fibra em detergente neutro das silagens.....	39
4.4.7 Teor de fibra em detergente ácido das silagens.....	41
4.4.8 Teor de hemicelulose das silagens.....	44
4.4.9 Teores de carboidratos totais e não fibrosos das silagens.....	46
4.5 Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) das silagens.....	50
4.6 Cinética ruminal da matéria seca.....	53
4.7 Cinética ruminal da proteína bruta.....	58
4.8 Cinética ruminal da fibra em detergente neutro.....	62
5 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS.....	77

LISTA DE SIGLAS

a	Fração solúvel;
b	Fração insolúvel potencialmente degradável;
c	Taxa de degradação da fração b;
CNF	Carboidratos não fibrosos;
CT	Carboidratos totais;
CV	Coefficiente de variação;
DE	Degradabilidade efetiva;
DBC	Delineamento em blocos casualizados;
DFDN	Degradabilidade da fibra em detergente neutro;
DIC	Delineamento inteiramente casualizado;
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca;
DMS	Degradabilidade da matéria seca;
DP	Degradabilidade potencial;
DPB	Degradabilidade da proteína bruta;
EB	Energia bruta;
EE	Extrato etéreo;
FDA	Fibra em detergente ácido;
FDN	Fibra em detergente neutro;
FVA	Farelo da Vagem de Algaroba;
GL	Graus de Liberdade;
HCEL	Hemicelulose;
MM	Matéria mineral;
MS	Matéria seca;
N (μ , σ^2)	Distribuição normal com média μ e variância σ^2 ;
NDT	Nutrientes digestíveis totais;
NRC	National Research Council;

p	Erro padrão da média;
PB	Proteína bruta;
pH	Potencial hidrogeniônico;
QM	Quadrado médio;
R^2	Coefficiente de determinação;
SC	Silagem de capim;

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Algarobeira.....	4
FIGURA 2	Máquina utilizado no processo de lavagem dos sacos.....	24
FIGURA 3	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de MS das silagens de capim-elefante.....	28
FIGURA 4	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de MS das silagens.....	30
FIGURA 5	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de PB das silagens de capim-elefante.....	31
FIGURA 6	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de PB das silagens.	32
FIGURA 7	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de MM das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.	33
FIGURA 8	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor de MM das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.	34
FIGURA 9	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de EE das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.....	35
FIGURA 10	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor de EE das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.	36
FIGURA 11	Efeito dos níveis de inclusão do FVA nos valores pH das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.	37
FIGURA 12	Efeito da idade de corte do capim-elefante nos valores de pH das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.	38
FIGURA 13	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de FDN das silagens de capim-elefante.....	39
FIGURA 14	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de FDN das silagens.	41

FIGURA 15	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de FDA das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.....	42
FIGURA 16	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor de FDA das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.	44
FIGURA 17	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de HCEL das silagens de capim-elefante.....	45
FIGURA 18	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de HCEL das silagens.....	46
FIGURA 19	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de CHOT das silagens de capim-elefante.....	47
FIGURA 20	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de CHOT das silagens.	48
FIGURA 21	Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de CNF das silagens de capim-elefante.....	49
FIGURA 22	Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de CNF das silagens.....	50
FIGURA 23	Efeito dos níveis de inclusão do FVA na DIVMS das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.....	52
FIGURA 24	Efeito da idade de corte do capim-elefante na DIVMS das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.....	53
FIGURA 25	Efeito da idade de corte do capim-elefante na degradabilidade da MS da silagem de capim-elefante, nos diferentes tempos de incubação (horas).....	56
FIGURA 26	Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da MS da silagem de capim-elefante, nos diferentes tempos de incubação.....	57
FIGURA 27	Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da PB da silagem de capim-elefante, cortada aos 70 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.....	60

FIGURA 28	Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da PB da silagem de capim-elefante, cortada aos 90 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.....	61
FIGURA 29	Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da PB da silagem de capim-elefante, cortada aos 110 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.....	62
FIGURA 30	Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da FDN da silagem de capim-elefante, cortada aos 70 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.....	64
FIGURA 31	Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da FDN da silagem de capim-elefante, cortada aos 90 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.....	65
FIGURA 32	Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da FDN da silagem de capim-elefante, cortada aos 110 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.....	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Composição químico-bromatológica do farelo da vagem de algaroba (FVA), com base na matéria seca (MS).....	25
TABELA 2	Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), das misturas antes da ensilagem.....	26
TABELA 3	Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), valor de pH, teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) das silagens de capim-elefante cortado aos 70; 90 e 110 dias de idade, com inclusão de 0%, 5%, 10% e 15% do FVA.....	27
TABELA 3	Teores médios da digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) das silagens de capim-elefante com inclusão do FVA.....	51
TABELA 4	Valores médios dos coeficientes a (fração solúvel), b (fração insolúvel potencialmente degradável), c (taxa de degradação da fração b), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS) de silagens de capim-elefante contendo níveis de inclusão do FVA, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), considerando taxa de passagem (k) =0,05/hora.....	54
TABELA 5	Valores médios dos coeficientes a (fração solúvel), b (fração insolúvel potencialmente degradável), c (taxa de degradação da fração b), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da proteína bruta (PB) das silagens de capim-elefante cortada aos 70, 90 e 110 dias de idade contendo níveis de inclusão do FVA, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), considerando taxa de passagem (k) =0,05/hora.....	58
TABELA 6	Valores médios dos coeficientes a (fração solúvel), b (fração insolúvel potencialmente degradável), c (taxa de	

degradação da fração b), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante cortada aos 70, 90 e 110 dias de idade contendo níveis de inclusão do FVA, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), considerando taxa de passagem (k) = 0,05/hora..... 63

RESUMO

RÊGO, Aníbal Coutinho do. **Avaliação de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) com inclusão do farelo da vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*).** 2008. 81 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A estacionalidade na produção de forragem tem sido um desafio da pecuária brasileira, com isso, buscaram-se alternativas que garantam o fornecimento de alimento para os rebanhos durante os períodos críticos do ano. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e objetivou-se avaliar a composição química, degradação *in situ* e digestibilidade *in vitro* de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) em diferentes idades de corte do capim, com inclusão de níveis do farelo da vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*). No 1º ensaio, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em um arranjo fatorial com quatro níveis de inclusão (0, 5, 10 e 15%) do farelo da vagem de algaroba (FVA) e três idades de corte (70, 90 e 110 dias) do capim e quatro repetições. Como silos experimentais foram utilizados tubos de PVC. Após 30 dias da ensilagem, os silos foram abertos e retiradas amostras para determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), pH, carboidratos totais (CT), carboidratos não-fibrosos (CNF) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). No 2º ensaio, foi utilizado um delineamento em blocos casualizados (DBC) para o ensaio de degradabilidade da MS, PB e da FDN, em duas vacas Jersey, providas de fistula ruminal para incubação das amostras por 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Foram determinadas do resíduo MS, PB e FDN. Não houve efeito de interação entre idade de corte e nível de FVA para os valores de MS, PB, FDN, HCEL, CT e CNF. Foi observado efeito curvilíneo crescente da inclusão do FVA e linear da idade de corte sobre os teores de MS. Para PB houve efeito linear crescente para inclusão do FVA e decrescente para a idade de corte do capim. Para a variável FDN houve efeito linear crescente para idade de corte e decrescente para nível de FVA, enquanto para HCEL houve apenas efeito linear crescente para idade de corte. Quanto aos CT não houve efeito para idade de corte, mas houve efeito linear decrescente para nível de FVA. Observou-se efeito de interação entre idade de corte e nível de FVA, já para CNF houve efeito linear crescente para nível de inclusão e decrescente para idade de corte. Houve interação entre idade de corte e nível de FVA para os valores de MM, EE, pH, FDA e DIVMS. Houve efeito crescente dos níveis de inclusão sobre teores de EE e decrescente para idade de corte. Houve efeito nos teores de MM e FDA para nível

de FVA e crescente para idade. A DIVMS foi aumentada com a inclusão do FVA e diminuída com a idade de corte. Não houve interação entre os tempos de incubação, nível de inclusão e idade de corte para a degradabilidade da MS, apenas houve interação nesses fatores para PB e FDN. A inclusão do FVA ao capim-elefante antes da ensilagem melhorou a composição química e a degradabilidade da MS, PB e FDN das silagens.

*Comitê Orientador: Paulo César de Aguiar Paiva – UFLA (Orientador) e Nadja Gomes Alves - UFLA

ABSTRACT

RÊGO, Aníbal Coutinho do. **Evaluation of elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum.) silages containing additon levels of “Algaroba” meal (*Prosopis juliflora*).** 2008. 81 p. Dissertation (Master Program in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

Seasonability in forage production has been a challenge of Brazilian livestock production. Alternatives which warrant the feed furnishing to the herds during the critical periods of the year are sought. The experiment was carried out in the Animal Science Department of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). The objective was to evaluate the chemical composition, *in situ* degradability and *in vitro* digestibility of elephant grass silages (*Pennisetum purpureum*, Schum.) with the addition of levels of “Algaroba” meal (*Prosopis juliflora*) at different cutting ages of the grass. A completely randomized design (DIC) in a factorial arrangement with four levels of addition (0, 5, 10 and 15%) of “Algaroba” meal and three cutting ages (70, 90 and 110 days) of the grass and four replicates was utilized. As experimental silos, in PVC pipes were used. After 30 days of ensiling, the silos were opened and samples were removed for determination of the contents of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (HCEL), mineral matter (MM), ether extract (EE), pH, total carbohydrates (TC), non-fiber carbohydrates (NFC) and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM). A randomized block design (RBD) was employed for the degradability assay of DM, CP and NDF, in two Jersey cows, fitted with ruminal fistula for incubating the samples for 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. DM, CP and NDF were determined from the residue. There were no effects of interaction between cutting age and level of MPM for the values of DM, CP, NDF, HCEL, CT and NFC. A growing curvilinear effect of “Algaroba” meal addition and a linear one of cutting age on the DM contents was found. For CP, there was a growing linear effect for “Algaroba” meal addition and a decreasing one for the cutting age for the grass. For the NDF variable, there was a growing linear effect for cutting age and a decreasing one for the level of “Algaroba” meal, whereas for HCEL there was only a growing linear effect for cutting age. As to the TCs, there was no effect for cutting age, but there was a decreasing linear effect for the level of “Algaroba” meal. An interaction effect between cutting age and level of “Algaroba” meal was found, but for NFC there was a growing linear effect for addition level and a decreasing one for cutting age. There was an interaction between cutting age and “Algaroba” meal level for the values of MM, EE, pH, ADF and IVDDM. There were a growing effect of the levels of additon on the EE contents and a decreasing one for cutting age. There were effects on the contents of

MM and ADF for the level of “Algaroba” meal and decreasing one for age. IVDDM was increased with the addition of “Algaroba” meal and it decreased with cutting age. There was no interaction among the incubation times, addition level and cutting age for DM degradability, only for CP and NDF. The addition of “Algaroba” meal to elephant grass before ensiling improved both the chemical composition and degradability of DM, CP and NDF of the silages.

*Guidance Committee: Paulo César de Aguiar Paiva – UFLA (Major Professor)
and Nadja Gomes Alves - UFLA

1 INTRODUÇÃO

A estacionalidade da produção de alimento tem sido um dos fatores limitantes na produção de ruminantes. Isso se deve aos baixos índices pluviométricos e à irregularidade na distribuição de chuvas na região Nordeste brasileira. No entanto, nas regiões Sul e Sudeste as baixas temperaturas, aliadas a um período de estiagem, são os maiores responsáveis pela estacionalidade na produção de alimento. Esse fato reflete baixa disponibilidade de alimento em quantidade e qualidade destinada à produção de ruminantes, durante o período seco.

Diante disso, é notável a busca por alternativas que garantam o fornecimento de alimento volumoso para a manutenção dos rebanhos durante esse período crítico do ano, mantendo a oferta de produtos de origem animal, a fim de se atender à forte demanda existente. Utilizando-se, para isso, insumos de baixo custo nas dietas para obtenção de um produto final de qualidade.

A algarobeira (*Prosopis juliflora*) é uma leguminosa não oleaginosa bastante difundida no Nordeste brasileiro. Cresce até uma altura de 10 m, produz frutos medindo até 20 cm de comprimento com uma produção de vagens de 2 a 8 toneladas por hectare nas zonas de sequeiro (Azevedo, 1982). As vagens de algaroba quando maduras possuem teores de matéria seca próximos à 84,0 % e bom valor nutritivo (Silva et al., 2001).

Além de suas vantagens nutricionais, a algaroba possui seu maior período de frutificação quando os pastos estão com baixo valor protéico e elevados teores de fibra, acarretando assim baixa qualidade da forragem e, conseqüentemente, baixo consumo pelos animais.

Isso mostra o potencial de vagens que são produzidas e a capacidade que as mesmas têm de serem utilizadas como aditivo em silagens de capim. Desse

modo, o desenvolvimento de alternativas para o aproveitamento da vagem de algaroba na alimentação animal é de fundamental importância.

A ensilagem é uma das práticas de conservação de alimentos mais utilizadas. Destaca-se por apresentar vantagens quanto a menor perda de material durante todo o processo, por necessitar de menor espaço de armazenamento por unidade de matéria seca, quando comparada à fenação; por manter o valor nutritivo do material ensilado desde que o processo seja realizado de forma adequada e por apresentar menor dependência das condições climáticas.

Dentre as forrageiras mais utilizadas para a ensilagem, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) vem ganhando destaque. Essa gramínea é bastante difundida no Brasil, por apresentar fácil implantação, possuir elevada produção por hectare e ser bem adaptada à maioria das regiões do país. Contudo, o excesso de umidade, os reduzidos teores de carboidratos solúveis associados a elevado poder tampão na época em que possui melhor valor nutritivo, limitam a obtenção de silagem de qualidade. Por outro lado, com o avançar do desenvolvimento vegetativo, ocorre aumento da produção por área, tendo em contrapartida, redução do valor nutritivo. Diante disso, busca-se um equilíbrio entre a utilização de aditivos e a melhor idade de corte do capim-elefante para a obtenção de silagem de qualidade.

Forrageiras com baixos teores de matéria seca e elevado poder tampão são propensas a fermentações secundárias, ocasionando elevadas perdas de nutrientes e a formação de produtos que depreciam o valor nutritivo da silagem. Como alternativa a ser utilizada para a minimização das limitações apresentadas pelo capim-elefante na sua ensilagem, a utilização de aditivos ricos em matéria seca e carboidratos solúveis seria uma opção.

Como alternativa a ser utilizada para minimizar as limitações apresentadas pelo capim elefante na sua ensilagem, a inclusão do farelo da

vagem de algaroba (FVA) no momento da ensilagem poderia se constituir em uma alternativa viável com resultados satisfatórios.

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a composição químico-bromatológica, a degradabilidade *in situ* e a digestibilidade *in vitro* de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) em diferentes idades de corte com a inclusão de farelo da vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Algaroba (*Prosopis juliflora*)

Originária da região Andina no Peru, a algarobeira (*Prosopis juliflora*) é uma espécie vegetal arbórea da família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Mimosodae que concentra o seu valor nutritivo nas vagens (frutos), constituindo-se em rica fonte de carboidratos e proteínas, com valor energético bruto comparável ao milho. A algarobeira (Figura 1) está sendo utilizada tanto na forma de concentrado como de volumoso.



FIGURA 1 Algarobeira

Pouco exigente em água, as sementes da algarobeira foram introduzidas no Brasil especialmente no Nordeste em 1942, no município de Serra Talhada, sertão de Pernambuco. Daí resultaram quatro árvores sobreviventes, que certamente constituíram a base de todas as populações atualmente existentes. A

sua expansão para os demais estados nordestinos ocorreu tanto por meio de plantios comerciais, quanto pela regeneração natural e pela dispersão das sementes nas fezes dos animais (Gomes, 1961; Azevedo, 1982). Devido ao seu rápido poder de disseminação e sua boa adaptação à região, atualmente essa leguminosa é bastante encontrada em toda a região semi-árida do país.

De acordo com Oliveira (2006), o manejo incorreto e a falta de conhecimento da ecologia da espécie fizeram com que a algaroba se disseminasse por todo o semi-árido. Hoje, estima-se que as áreas ocupadas por algaroba no Nordeste já se aproximam de um milhão de hectares, embora não existam levantamentos que tenham mensurado a real dimensão dessas áreas.

As vagens podem ser fornecidas aos animais, inteiras ou moídas na forma de farelo. Quando moídas, há maior aproveitamento das sementes por parte dos animais, pois é nelas que estão contidos os maiores teores de proteínas.

Embora as folhas da algarobeira apresentem alto teor de proteína, elas são de baixa palatabilidade. Provavelmente, isso se deve à presença de tanino. Os taninos são complexos fenólicos polímeros, que variam na estrutura química e nos seus efeitos sobre a atividade biológica (Lima, 2005).

Quanto ao período de floração e frutificação, a algarobeira em geral apresenta dois pontos máximos de produção, com pico nos meses mais secos do ano. O período de frutificação é quase simultâneo ao de floração. Geralmente, os frutos iniciam a maturação 60 a 70 dias após a floração. Na mesma árvore podem ocorrer, simultaneamente, mais de uma fenofase. O início da floração e da frutificação ocorre na estação seca, finalizando em meados do período chuvoso (Lima, 2005).

Segundo Nobre (1992), a estimativa de produção no Nordeste é de 2 a 8 t de vagens/há/ano, dependendo das condições edafoclimáticas da região em que estão plantadas e do manejo adotado. Lima (1987) observou produção média de 78 kg de vagem por árvore na região do São Francisco, aos 15 anos de idade.

Alguns estudos sobre a utilização da algaroba para várias espécies como bovinos, caprinos, eqüinos, ovinos e aves têm sido conduzidos com o objetivo de tornar viável sua utilização na alimentação, bem como minimizar os custos da produção animal.

Barbosa (1977) evidenciou incremento no consumo de MS, EB, PB, e na proteína digestível (24% e 25%, respectivamente), quando forneceu capim-elefante e vagens de algaroba (inteiras ou trituradas, aquecidas ou não) para carneiros, na proporção de 1:1,6 com base na matéria natural.

Barros & Queiróz Filho (1982) estudando a substituição progressiva do melaço pela vagem de algaroba em dietas à base de farelo de algodão, melaço, uréia e capim-elefante para ovinos não observaram efeitos sobre a digestibilidade da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB). Talpada & Shukla (1988) não observaram diferenças nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes de dietas para vacas lactantes com níveis de inclusão de até 30% da vagem de algaroba.

Em trabalho com vacas em lactação, Nobre (1982) observou maior eficiência de produção de leite ao empregar a vagem de algaroba triturada em substituição, em até 60%, ao farelo de trigo. Silva et al. (1982) evidenciaram desempenho semelhante no ganho de peso de bovinos em confinamento, alimentados com dietas contendo até 100% de vagem de algaroba triturada em substituição ao farelo de trigo.

Stein et al. (2005) estudando o uso do farelo de vagem de algaroba em dietas para eqüinos, observaram que o farelo de vagem de algaroba pode substituir em até 100% o milho desintegrado com palha e sabugo em dietas para eqüinos em manutenção, sem afetar o consumo de MS e de ED e os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB e HCEL.

No Nordeste, tem-se observado a incidência de uma doença em animais, denominada popularmente “cara torta”, cujos sintomas são o desvio lateral da

cabeça, relaxamento da mandíbula, mastigação excessiva do bolo alimentar, dificuldade na deglutição, hipotrofia muscular e emagrecimento que pode levar a morte (Figueiredo et al., 1994).

A ingestão de algaroba em quantidades excessivas pode ocasionar o desenvolvimento dessa doença em bovinos e caprinos. Embora ainda não esteja esclarecida completamente a etiologia da doença, é possível que alcalóides presentes na algaroba sejam a causa dos distúrbios neurológicos observados nos animais acometidos de cara torta. Vale ressaltar, no entanto, que essas substâncias podem ser produzidas por fungos presentes na vagem de algaroba. Assim, não se recomenda a alimentação exclusiva com vagens da algarobeira (Habermehl, 1996).

2.2 Capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.)

Com seu centro de origem no continente africano o capim-elefante é, sem dúvida, uma das gramíneas mais importantes e difundidas em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. O mesmo foi introduzido no Brasil por volta de 1920, a partir de mudas provenientes de Cuba. É uma gramínea de ciclo fotossintético C₄, o que resulta em grande capacidade de acumulação de matéria seca, crescendo bem sob temperaturas de 18°C a 30°C e precipitação de 800 mm a 4.000 mm (Jacques, 1990).

Segundo Carvalho (1985), sua rápida disseminação ocorreu em função do seu elevado potencial de produção de matéria seca e por sua fácil adaptação a diversos sistemas e formas de exploração, sendo, dentre os capins cultivados no país, o mais utilizado como reserva forrageira para a época seca.

Seu elevado potencial de produção é comprovado em trabalhos realizados por Lavezzo et al. (1983), que obtiveram produções de massa fresca de forragem total de 70,3 e 83,2 t/ha para as cultivares Mineiro e Vruckwona, cortadas aos 60 dias de rebrotação. Para as mesmas cultivares cortadas após 75

dias de rebrotação, foram observadas produções de massa fresca de forragem total de 77,2 e 97,2 t/ha, respectivamente (Lavezzo et al., 1990). Durante a época das chuvas, em amostras simulando o pastejo, Deresz (1994) observou taxas diárias de acúmulo de matéria seca de até 100 kg/ha.

Esses dados mostram que o capim-elefante é uma das forrageiras mais indicadas para a formação de capineiras, para corte e fornecimento de forragem verde picada no cocho, pois, além de uma elevada produtividade, apresenta as vantagens de propiciar maior aproveitamento da forragem produzida e redução de perdas no campo. Seu excedente pode ser aproveitado para a confecção de silagem e feno.

Segundo o National Research Council - NRC (1996), o capim Napier aos 30 dias de crescimento apresenta 20,0% de MS, 70,0% de FDN, 14,3% de Lignina, 55,0% de NDT, 8,7% de PB, 2,2% de PIDA, 8,0% de amido, 3,0% de EE e 9,0% de MM. Já o mesmo capim aos 60 dias de crescimento apresenta 23,0% de MS, 75,0% de FDN, 18,7% de Lignina, 53,0% de NDT, 7,8% de PB, 8,0% de amido, 1,0% de EE e 6,0% de MM.

Vilela (1989) trabalhando com capim-elefante em diferentes idades (56, 77 e 182 dias) de rebrotação, observou 24,0%, 21,0% e 32,2% de MS; 65,9%, 72,0% e 79,4% de FDN; 46,3%, 47,8% e 53,2% de FDA, para as respectivas idades. Gomide (1994) avaliando a composição química de alguns cultivares de capim-elefante entre 8 e 12 semanas de idade observou teores de 10,2% de PB e 52,2% de digestibilidade para a cultivar Napier e 6,7% de PB para a cultivar Cameroon.

Silva et al. (2007) avaliando a composição química de capim-elefante cortado aos 93 dias de rebrota, observaram 17,51% de MS; 89,64% de MO; 5,18% de PB; 39,17% de PIDN; 16,68% de PIDA; 2,42% de EE; 69,23% de FDN; 12,81% de CNF; 47,11% de FDA e 6,66% de Lignina.

Deresz (2001), trabalhando com vacas mestiças de Holandês x Zebu em pastagem de capim-elefante, observou que a disponibilidade de matéria seca por hectare e a qualidade da pastagem selecionada, durante a época das chuvas, foram suficientes para atender às exigências de manutenção e produção de leite de vacas com potencial de produção de leite no início da lactação de 15 kg por dia. O mesmo autor relata que vacas Holandês x Zebu, com potencial de produção de leite de até 15 kg por dia, no início da lactação, podem ser manejadas em pastagem de capim-elefante com taxa de lotação de 4,5 vacas/ha, sem suplementação durante a época das chuvas.

O valor nutritivo e o rendimento forrageiro são distintamente afetados pela idade de corte. Com a maturação da forragem, ocorre aumento no conteúdo da parede celular e conseqüentemente uma tendência na diminuição da digestibilidade dos principais nutrientes do alimento. Por isso, visando conciliar quantidade e qualidade da forragem, o corte do capim-elefante deve ser feito quando a planta apresentar altura média entre 1,50 a 1,80 m ou 8 – 10 entre-nós com pelo menos 2,5 cm de comprimento (Gomide, 1994).

Estudando a produção de matéria seca e a qualidade do capim-elefante, cultivar ‘Roxo’ em diferentes idades de cortes, Queiroz Filho et al. (2000), obtiveram a melhor faixa de idade de corte entre 60 a 80 dias de idade com produção de MS de 25,7 t/ha.

Existe uma grande discordância entre autores quanto à melhor idade de corte do capim-elefante para a confecção de silagem. Andrade & Gomide (1971) aconselharam o uso de capim-elefante para a ensilagem entre 56 e 140 dias, correspondendo a uma altura da planta de 173 a 286 cm, baseando-se no teor de carboidratos solúveis da planta. Porém, pelo fato do capim-elefante ser volumoso de média qualidade, o seu corte pode ser feito tardiamente, compensando assim seu médio valor nutritivo pelo rendimento mais elevado de matéria seca por unidade de área (Vilela, 1997).

2.3 Silagem

Silagem é o material produzido pela fermentação controlada de uma cultura com alto teor de umidade, já a ensilagem é definida como o processo de fermentação (McDonald, 1981). O principal objetivo é a preservação da cultura pela fermentação natural, em condições de armazenamento.

A eficiência do processo fermentativo depende principalmente da espécie forrageira a ser ensilada e do seu teor de matéria seca. As características químicas das plantas, como o teor de carboidratos solúveis, afetam a sua conservação no armazenamento. A qualidade dos carboidratos disponíveis para a fermentação é considerada de fundamental importância para o processo fermentativo (Vilela, 1985).

Para que o processo fermentativo ocorra de forma satisfatória, o teor de matéria seca da forragem deve estar entre 30,0 e 35,0% (McDonald, 1981). Níveis de matéria seca inferiores a 30,0% permitem a proliferação de bactérias do gênero *Clostridium*, os quais são responsáveis por fermentações indesejáveis e, conseqüentemente, por perdas observadas nas silagens. Por outro lado, forragens ensiladas com teores de matéria seca superiores a 35% dificultam a compactação, pois provocam maior acúmulo de oxigênio na massa ensilada e, conseqüentemente, maiores perdas.

Segundo McDonald (1981), altos teores de umidade, baixos teores de carboidratos solúveis e o elevado poder tampão influenciam negativamente no processo fermentativo, impedindo que haja um rápido decréscimo do pH e propiciando a ocorrência de fermentações secundárias, que depreciam a qualidade da silagem. Ainda segundo esse autor, valores de pH entre 3,8 e 4,2 são indicativos de silagem de alta qualidade.

Os carboidratos solúveis em água são os principais substratos utilizados pelas bactérias lácticas. O ácido láctico, por sua vez, apresenta alto poder de dissociação de prótons H^+ (Moisio & Heikonen, 1994), o que garante a redução

rápida no pH e o alcance da estabilidade anaeróbia. Segundo Kearney & Kennedy (1962), a porcentagem mínima de carboidratos solúveis para produzir silagens lácticas deve ser, em média, 15,0% na matéria seca do material ensilado. Catchpoole & Henzel (1971) concluíram que são necessários de 13,0 a 16,0%.

Como alternativa a ser utilizada para a minimização das limitações apresentadas pelos capins para a produção de silagem de alta qualidade, a utilização de aditivos com elevado teor de matéria seca, elevado teor de carboidratos solúveis e baixo poder tampão tem se constituído umas das opções.

2.4 Aditivos utilizados na ensilagem

A composição e a qualidade nutritiva das silagens podem ser alteradas pela adição de vários materiais no momento da ensilagem (Soest, 1994).

Aditivos são substâncias que, quando adicionadas às forragens, durante o processo de ensilagem, podem contribuir para reduzir as perdas, estimular as fermentações desejáveis e enriquecer o valor nutritivo, melhorando a palatabilidade, a digestibilidade e o consumo da silagem. De acordo com as funções que desempenham, os aditivos podem ser classificados como: estimuladores de fermentações desejáveis ou inibidores de fermentações indesejáveis do material ensilado.

Segundo Moraes (1999), um aditivo ideal a ser utilizado na ensilagem de gramíneas deveria possuir, portanto, alto teor de matéria seca, alta capacidade de absorver água, alto valor nutritivo, boa aceitabilidade, elevado teor de carboidratos solúveis, fácil manipulação, boa disponibilidade no mercado e baixo custo de aquisição.

A adição de glicose ou sacarose a uma forrageira no momento da ensilagem traz benefícios e conseqüente melhoria no padrão de fermentação. A inclusão de aditivos ricos em sacarose causa aumento no número inicial de bactérias lácticas (McDonald, 1981).

Tosi et al. (1983), em trabalho com capim-elefante adicionado de 4% de melaço (45,5% de carboidratos solúveis com base na matéria original), observaram que a inclusão de melaço proporcionou acréscimos no conteúdo de carboidratos solúveis da forragem (de 15,3% para 22,9% para silagem sem e com melaço, respectivamente). Trabalhando com silagem de alfafa submetida a diferentes tratamentos, Tosi et al. (1994), observaram que a inclusão de 4% de melaço proporcionou melhores condições de fermentação e conseqüente melhoria da qualidade da forragem.

Zanine et al. (2006), trabalhando com silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo (0, 15 e 30%), observaram que a inclusão desse aditivo resultou em silagem de boa qualidade, sem comprometer o seu perfil fermentativo e promoveu melhoria da qualidade nutricional da silagem.

Batista et al. (2006) trabalhando com níveis (0; 33; 66 e 100%) de inclusão da vagens de algaroba sobre a composição química e a microbiota fúngica de silagens de capim-elefante, observaram que a inclusão da vagem de algaroba contribuiu para o aumento no teor de MS de 0,56 pontos percentuais, redução nos teores de FDN e FDA de 0,52 e 0,27 pontos percentuais, respectivamente.

2.5 Avaliação nutricional de alimentos

Na avaliação do valor nutritivo de um alimento como uma silagem, por exemplo, faz-se, inicialmente, a análise proximal, quantificando-se o teor das principais variáveis nutricionais do alimento (Silva & Queiroz, 2002). A fim de se caracterizar melhor o valor nutritivo, pode-se avaliar também o grau de aproveitamento do alimento por meio de técnicas *in vitro*, *in situ* e *in vivo*.

A técnica da incubação *in situ* ou técnica do saco de náilon, consiste no preenchimento desses sacos com amostras do alimento a ser estudado em quantidade e tamanho de partículas previamente definidos. As amostras são

então incubadas no rúmen através de fistulas durante diferentes intervalos de tempos. Essa técnica tem sido amplamente utilizada para determinação da degradabilidade da matéria seca e de vários constituintes do alimento (Ørskov & McDonald, 1979; Nocek, 1988).

Apesar de amplamente difundida, a técnica *in situ* vem sofrendo críticas devido à baixa repetibilidade, sugerida pela diversidade de valores obtidos por diferentes pesquisadores para diferentes amostras de um mesmo alimento, o que sugere uma falta de padronização no uso dessa técnica. Outra limitação da técnica segundo Nocek (1988) é que ela não oferece condições de mastigação, ruminação e passagem do alimento.

Segundo Nocek (1988), alguns fatores inerentes à técnica, que ocasionam variações na degradabilidade estimada, estão relacionados aos procedimentos no preparo do saco que contém a amostra (tipo de tecido, tamanho do poro do tecido, área superficial, lavagem), ao preparo e manipulação da amostra (peso da amostra, tamanho da partícula e natureza da dieta) e, por fim, ao animal (espécie animal, estado fisiológico).

O processo de moagem é de fundamental importância, já que ele homogeneiza a amostra e diminui o tamanho da partícula, facilitando assim a degradação microbiana. O ideal seria a utilização de alimentos pré-mastigados pelo animal. Com a dificuldade de se obter tamanho de partículas ideal para os estudos *in situ*, Nocek (1988) mostrou a importância da uniformização do tamanho dentro dos alimentos. Segundo o autor, alimentos concentrados deverão ser moídos em peneiras de 2,0 mm e as forragens em peneira de malha de 5,0 mm.

Porosidades adequadas permitem a entrada de todas as espécies relevantes de microrganismos para a degradação do alimento no saco e limita a saída de amostra não degradada, permitindo a remoção dos produtos finais da degradação. Nocek (1988), sugere a adoção de porosidade de 40 a 60 μm de

diâmetro, sendo essa faixa a que reúne as características desejáveis que favorecem o fluxo de fluido ruminal e evitam a saída de partículas não degradadas.

Um dos fatores que recebe mais atenção é a relação tamanho da amostra:área de superfície do saco de náilon (Ørskov, 1982), sendo considerado por Mehrez & Ørskov (1977) o fator mais importante na variabilidade de desaparecimento do material dos sacos incubados juntos. A quantidade da amostra utilizada deve fornecer resíduo suficiente ao final do período de incubação para execução das análises químicas sem, contudo preencher demasiadamente o saco, prejudicando o ataque dos microrganismos e aumentando o tempo de colonização. Segundo Nocek (1988), uma relação entre 10-20mg/cm³ poderia ser utilizada para forragens e concentrados.

A lavagem dos sacos após incubação ruminal tem, segundo Lindberg (1985), os objetivos de parar a atividade microbiana e de retirar o líquido ruminal do resíduo de alimento, podendo ou não afetar o desaparecimento.

O desaparecimento do material durante os tempos de incubação não significa, necessariamente, que houve degradação completa, microbiana ou química. Parte do material pode deixar o saco por ser suficientemente pequeno para passar através dos poros, por ser solúvel ou por ter sido reduzido pelo processo biológico, mas ainda não tendo sido degradado quimicamente. Dessa forma, o que é realmente medido é a porcentagem de desaparecimento do material e não a degradação real em si (Sampaio, 1994).

Vários métodos de fermentação *in vitro* têm sido descritos com o objetivo de simular as condições próprias do rúmen-retículo. Um dos métodos utilizados para determinar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos alimentos é a técnica dos dois estágios, descrito por Tilley & Terry (1963). Essa é a técnica mais amplamente utilizada para determinar a digestibilidade *in vitro*.

A seqüência de todos os procedimentos ruminais *in vitro* inicia-se com a fermentação anaeróbica de um substrato amostral em um meio que contém líquido ruminal filtrado. O meio utilizado é uma solução tamponante que imita a saliva do ruminante. Diferentemente do rúmen, os sistemas *in vitro* não têm suprimentos contínuos de saliva.

Na técnica dos dois estágios, uma segunda fase foi introduzida após a incubação na solução de inoculação com líquido ruminal (primeira fase) durante 48 h, na qual o resíduo é digerido em ácido clorídrico e adicionada pepsina para simular a digestão no abomaso. Usando uma grande variedade de forrageiras, Tilley & Terry (1963) confirmaram a alta correlação entre as técnicas de digestibilidade *in vitro* e *in vivo*, com os valores *in vitro* sendo muito próximos aos observados em ensaios de digestibilidade *in vivo* com ovinos.

A técnica da fermentação *in vitro* não se destina a considerar a composição química da forragem, mas, principalmente, a estimar sua digestibilidade. Melhores correlações *in vitro* x *in vivo* são obtidas com a técnica de duas fases, em que, após 48 horas de fermentação pelo líquido de rúmen, o substrato é ainda fermentado por outras 48 horas pela solução ácida de pepsina. A segunda digestão pela pepsina, desdobra a proteína dos substratos, aproxima os valores *in vitro* dos *in vivo*, melhorando, portanto, a correlação e reduzindo o erro-padrão de estimativa (Tilley & Terry 1963).

Varel & Kreikemeier (1995) traçaram uma comparação entre as metodologias *in vitro* e *in situ* e observaram diferenças nos resultados obtidos para o tempo de colonização, taxa e extensão de digestão. Os autores atribuem as diferenças à menor concentração microbiana presente na técnica *in vitro*, quando comparada ao rúmen do animal. As tentativas com intuito de aumentar a concentração microbiana não obtiveram sucesso, uma vez que ocorre rápido acúmulo dos produtos finais oriundos da fermentação e conseqüente queda no pH.

Por serem realizados no próprio animal, os experimentos *in vivo* são considerados os de maior confiabilidade, apresentando, entretanto, certos inconvenientes, como requerimento de grandes quantidades de alimentos, número alto de repetições e o elevado custo das técnicas de digestibilidade, fazendo com que aumente a procura por métodos *in vitro*, que propiciam a avaliação da digestibilidade a baixo custo e curto prazo (Berchielli et al.,2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características climáticas

Conduziu-se o presente trabalho no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras –DZO/UFLA, situada no município de Lavras, localizado a 21°13'48'' de latitude sul e 44°58'19'' de longitude oeste, a 928 m de altitude. O clima é do tipo Cwb (Köppen), com duas estações bem definidas: chuvosa (outubro a março), e seca (abril a setembro). A precipitação média anual é de 1493,2 mm e a temperatura média anual de 19,3°C, com médias de máxima de 26,0°C e mínima de 14,6°C.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliados quatro níveis de inclusão do farelo da vagem de algaroba (0; 5; 10 e 15%, com base na matéria natural da gramínea), em três idades de corte do capim-elefante (70; 90 e 110 dias), em um arranjo fatorial 4 x 3. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições. Os tratamentos foram:

- a) 100% de capim-elefante (70 dias) + 0% do FVA;
- b) 95% de capim-elefante (70 dias) + 5% do FVA;
- c) 90% de capim-elefante (70 dias) + 10% do FVA;
- d) 85% de capim-elefante (70 dias) + 15% do FVA;
- e) 100% de capim-elefante (90 dias) + 0% do FVA;
- f) 95% de capim-elefante (90 dias) + 5% do FVA;
- g) 90% de capim-elefante (90 dias) + 10% do FVA;
- h) 85% de capim-elefante (90 dias) + 15% do FVA;
- i) 100% de capim-elefante (110 dias) + 0% do FVA;
- j) 95% de capim-elefante (110 dias) + 5% do FVA;
- l) 90% de capim-elefante (110 dias) + 10% do FVA;

m) 85% de capim-elefante (110 dias) + 15% do FVA;

O modelo estatístico adotado para a análise foi:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{ijk}$$

em que:

y_{ijk} = valor da observação do i -ésimo nível de inclusão do FVA, na j -ésima idade de corte do capim-elefante, na k -ésima repetição;

μ = constante associada a todas as observações;

a_i = efeito do i -ésimo nível de inclusão do FVA ($i = 1; 2; 3$ e 4);

b_j = efeito da j -ésima idade de corte do capim-elefante ($j = 1; 2$ e 3);

ab_{ij} = efeito da interação entre o i -ésimo nível de inclusão do FVA e a j -ésima idade de corte do capim-elefante;

e_{ijk} = erro experimental associado a y_{ijk} , independente, distribuído segundo $N(0, \sigma^2)$.

O efeito da inclusão do FVA e da idade de corte do capim-elefante sobre os componentes nutritivos das silagens foram analisados estatisticamente pela análise de variância e regressão, por meio do software estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2003).

3.3 Farelo da vagem de algaroba (FVA)

O FVA foi adquirido na Fazenda Flores, situada no município de Quixeramobim, estado do Ceará, localizada na latitude 5°09'03'' Sul e longitude 39°19'01'' Oeste, com 211m de altitude. O clima é do tipo BSwH, semi-árido quente, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica média anual de 650 mm, distribuída no período de janeiro a abril.

Antes de serem ensiladas com o capim-elefante, as vagens de algaroba foram moídas em moinho tipo martelo, com peneira com crivos de 1cm de diâmetro.

3.4 Capim-elefante

O capim-elefante utilizado para confecção das silagens foi proveniente de capineira implantada no DZO-UFLA, que vinha sendo utilizada para alimentação animal. Foi realizado na área experimental um corte de uniformização com roçadeira, sendo que, a partir dessa uniformização foram feitos os cortes aos 70, 90 e 110 dias de idade do capim. Cada época de corte foi ensilada com os quatro níveis de inclusão do FVA.

O capim foi processado em máquina picadora, pesado e misturado manualmente ao FVA para posterior confecção das silagens. Como silos experimentais foram utilizados tubos de PVC, com 500 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro. Em cada silo foram colocados aproximadamente 2,4 kg de matéria fresca, correspondendo a uma densidade de 600 kg/m³, proporcionando desse modo uma boa compactação da massa ensilada.

Passados 30 dias da ensilagem, os silos foram abertos e as amostras coletadas foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas, moídas em moinho tipo “Tomas-Willey”, com peneira com crivos de 1 mm de diâmetro, para análises químico-bromatológicas e para o ensaio de digestibilidade *in vitro*, e 5 mm, para o ensaio de degradabilidade *in situ*.

3.5 Análises laboratoriais

As análises químicas foram feitas no Laboratório de Pesquisa Animal da UFLA. Foram realizadas as determinações de matéria seca (MS) em estufa a 105°C, proteína bruta (PB) pelo método semimicro Kjeldahl conforme AOAC (1970); fibra em detergente neutro (FDN) no equipamento Ankon (Ankon 200 Fiber Analyser da Ankon Technology Corporation); fibra em detergente ácido (FDA) segundo a metodologia de Soest & Wine (1968), descrita por Silva & Queiroz (2002); hemicelulose pela diferença entre FDN e FDA; matéria mineral

(MM) em mufla a 600°C; extrato etéreo (EE) pelo método a quente, usando, no caso, extração com éter de petróleo por 6 horas. O pH foi determinado pelo uso do peagâmetro (Silva & Queiroz, 2002).

Os valores de CT foram obtidos por diferença, de acordo com a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992), em que $CT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. Os teores de CNF foram calculados de acordo com a metodologia descrita por Hall (2001), em que $CNF\% = 100\% - (FDN\% + PB\% + EE\% + MM\%)$.

3.6 Ensaio de digestibilidade *in vitro*

Para realização do ensaio de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foi utilizada uma vaca Jersey como doadora de líquido ruminal, não lactante, não gestante, fistulada no rúmen. A mesma foi previamente adaptada à dieta.

O ensaio de digestibilidade *in vitro* foi realizado conforme metodologia descrita por Tilley & Terry (1963). Conhecida também como técnica dos dois estágios, a técnica consiste em deixar as amostras em contato com o conteúdo do líquido ruminal (inoculo), no interior de tubos de ensaio, onde se tenta simular as condições predominantes do rúmen-retículo (presença de microrganismos, anaerobiose, temperatura de 39°C, poder tampão e pH de 6,9), visando simular o que ocorre *in vivo* durante 24 a 48 horas de fermentação (Silva & Queiroz, 2002).

3.7 Ensaio de degradabilidade *in situ*

Para o ensaio de degradabilidade *in situ*, foi utilizado um delineamento em blocos casualizados (DBC) com duas repetições e com os tratamentos arranjados em um esquema de parcelas subdivididas no tempo (0; 3; 6; 12; 24; 48; 72 e 96 horas), segundo metodologia descrita em Savian et al. (2007). Os

tratamentos de parcelas estavam em um arranjo fatorial 4x3 (4 níveis de inclusão e 3 idades de corte do capim-elefante).

O modelo estatístico adotado para a análise:

$$y_{ijkl} = \mu + b_k + c_i + d_j + cd_{ij} + e_{ijk} + t_l + tc_{il} + td_{jl} + tcd_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

em que:

y_{ijkl} = degradabilidade da silagem de capim-elefante que recebeu o i -ésimo nível de inclusão do FVA, na j -ésima idade de corte do capim-elefante, no k -ésimo animal, e no l -ésimo tempo de incubação;

μ = constante associada a todas as observações;

b_k = efeito do k -ésimo animal ($k = 1$ e 2);

c_i = efeito do i -ésimo nível de inclusão do FVA ($i = 1; 2; 3$ e 4);

d_j = efeito da j -ésima idade de corte do capim-elefante ($j = 1; 2$ e 3);

cd_{ij} = efeito da interação entre o i -ésimo nível de inclusão do FVA e a j -ésima idade de corte do capim-elefante;

e_{ijk} = erro experimental associado a parcela, independente, identicamente distribuído de uma $N(0, \sigma_a^2)$;

t_l = efeito do l -ésimo tempo de incubação ($l = 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7$ e 8);

tc_{il} = efeito da interação entre o i -ésimo nível de inclusão do FVA, no l -ésimo tempo de incubação;

td_{jl} = efeito da interação entre a j -ésima idade de corte do capim-elefante, no l -ésimo tempo de incubação;

tcd_{ijl} = efeito da interação entre o i -ésimo nível de inclusão do FVA, na j -ésima idade de corte do capim-elefante, no l -ésimo tempo de incubação;

ε_{ijkl} = erro experimental associado a subparcela, independente, identicamente distribuído de uma $N(0, \sigma_b^2)$.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos contemplados no modelo testado com um nível nominal de significância de 5%. As médias das silagens foram ajustadas por meio de regressão polinomial, com um nível nominal de significância de 5%. Foi utilizado o PROCNLIN do pacote estatístico SAS (1999) para estimação das curvas de degradabilidade.

O efeito dos tempos de incubação sobre a variável dependente foi estudado por meio do ajuste do modelo não-linear de Ørskov & McDonald (1979).

$$y_{ij} = a + b(1 - e^{-ct}) \varepsilon_{ij} \quad (1),$$

em que:

y = degradabilidade ou desaparecimento dos componentes bromatológicos do alimento (%);

a = fração do alimento solúvel em água, no tempo zero (%);

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável em um determinado tempo (%);

c = taxa constante de degradação da fração potencialmente degradável (%/h);

t = tempo de incubação no rúmen (horas).

ε_{ij} = erro experimental associado, independente, identicamente distribuído de uma $N(0, \sigma^2_b)$.

Uma vez calculados os coeficientes a , b e c , eles foram aplicados à equação proposta por Ørskov & McDonald (1979).

em que:

$$DE = a + \frac{b \cdot c}{c + k} \quad (2)$$

DE= degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado (%);

k = taxa de passagem do alimento (%/h);

Assumiu-se uma taxa de passagem da digesta para o duodeno de 5% por hora, $k = 0,05\%$ (Ørskov & McDonald, 1979).

Foram utilizadas duas vacas Jersey, não lactantes, não gestantes, fistuladas no rúmen, com peso vivo médio de 400 kg. As mesmas foram estabuladas em baias, com comedouro, bebedouro e cocho para o fornecimento de mistura mineral.

A dieta foi fornecida diariamente *ad libitum*, em dois períodos, manhã (8:00 horas) e tarde (16:horas), constituída de capim-elefante (60% da MS) e concentrado (40% da MS) à base de milho e farelo de soja.

Para a incubação das amostras no rúmen, foram confeccionados sacos de náilon coreano 120 fios, com dimensões 10 x 5 cm, com porosidade de 50 μm , pesando-se em cada saco 1 g de amostra. Os sacos foram fechados em máquina seladora a quente e colocados em uma sacola de filó de 25 x 25 cm, com 100g de chumbo e fechada com zíper. A sacola foi amarrada com um fio de náilon, sendo suficiente para que permitisse uma boa motilidade ruminal.

Os sacos contidos na sacola foram inicialmente embebidos em água e inseridos no rúmen via fistula, sempre antes do primeiro fornecimento da ração no período da manhã. Os tempos utilizados para incubação foram 3; 6; 12; 24; 48; 72 e 96 horas, sendo incubados três sacos referentes a cada repetição dos tratamentos em cada animal. Os sacos correspondentes ao tempo 0 hora não foram incubados no rúmen, sendo apenas lavados.

Decorrido o tempo de incubação, os sacos foram retirados do rúmen e colocados imediatamente em água fria por 10 minutos para cessar a atividade microbiana. Posteriormente, foram lavados em máquina apropriada para a lavagem por 5 minutos, após troca da água o processo foi repetido por mais 5 minutos (Figura 2).



FIGURA 2 Máquina utilizado no processo de lavagem dos sacos

Os sacos foram colocados em bandejas e levados para estufa de ventilação forçada à 60°C durante 72 horas. Esse procedimento foi realizado para todos os tempos de incubados e para o tempo 0 hora. A partir do resíduo da incubação, foram realizadas as análises de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) segundo metodologia descrita em Silva & Queiroz (2002). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada no equipamento Ankon (Ankon 200 Fiber Analyser da Ankon Technology Corporation).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição químico-bromatológica do farelo de algaroba

Na Tabela 1 é apresentada a composição do farelo da vagem de algaroba (FVA).

TABELA 1 Composição químico-bromatológica do farelo da vagem de algaroba (FVA), com base na matéria seca (MS).

Constituinte	% na MS
Matéria seca (MS)	89,60
Proteína bruta (PB)	11,30
Fibra em detergente neutro (FDN)	29,89
Fibra em detergente ácido (FDA)	20,83
Hemicelulose (HCEL)	9,06
Matéria mineral (cinzas)	4,55
Extrato etéreo (EE)	2,70
Ca (%)	0,38
P (%)	0,20
Carboidratos Totais (CT)	81,45
Carboidratos não fibrosos (CNF)	50,56
Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS (DIVMS)	70,98

No geral, os valores observados para a composição químico-bromatológica do farelo da vagem de algaroba foram próximos aos citados por Valadares Filho (2006), que observou 88,54% de MS; 93,72% de MO; 9,34% de PB; 28,79% de FDN; 18,61 de FDA; 1,35% de EE; 85,24% de CT; 12,36% de HCEL; 0,31% de Ca; 0,17 de P e 71,13 de DMS. Diferenças observadas nos teores de PB, podem ser justificadas pela grande variação genotípica dessa espécie no Brasil.

Batista et al. (2006) observaram 78,79% de MS; 9,69% de PB; 11,90 de FDA; 0,96 de EE e 3,49% de MM para a vagem de algaroba *in natura*.

4.2 Composição químico-bromatológica do material antes da ensilagem

A composição químico-bromatológica das misturas de capim-elefante com o farelo da vagem de algaroba (FVA) antes da ensilagem, encontra-se na Tabela 2.

TABELA 2 Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), das misturas antes da ensilagem.

Tratamentos	Composição bromatológica (% MS)					
	MS	PB	FDN	FDA	EE	MM
Capim-elefante + 0% FVA(70d)	21,33	8,41	68,34	43,43	3,01	8,65
Capim-elefante + 5% FVA (70d)	24,57	8,32	67,73	42,03	3,12	8,34
Capim-elefante + 10% FVA (70d)	25,95	9,57	64,63	38,76	3,03	7,92
Capim-elefante + 15% FVA (70d)	27,21	10,76	58,83	36,91	3,45	6,64
Capim-elefante + 0% FVA (90d)	21,20	8,64	68,32	43,98	2,78	8,87
Capim-elefante + 5% FVA (90d)	23,76	8,89	67,54	43,01	2,93	8,98
Capim-elefante + 10% FVA (90d)	25,61	9,54	65,71	38,86	3,23	7,67
Capim-elefante + 15% FVA (90d)	29,49	10,63	63,65	37,05	3,25	7,04
Capim-elefante + 0% FVA (110d)	24,68	7,98	70,45	43,65	2,76	8,89
Capim-elefante + 5% FVA (110d)	25,45	8,41	67,93	42,34	2,85	9,02
Capim-elefante + 10% FVA (110d)	27,90	9,78	66,23	40,62	3,01	8,78
Capim-elefante + 15% FVA (110d)	32,32	9,67	64,89	38,66	2,98	8,54

4.3 Composição químico-bromatológica das silagens

Todas as silagem produzidas apresentaram odor agradável, coloração amarelada e ausência de fungos.

A composição químico-bromatológica das silagens com inclusão do farelo da vagem de algaroba (FVA), é apresentada na Tabela 3.

TABELA 3 Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), valor de pH, teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) das silagens de capim-elefante cortado aos 70; 90 e 110 dias de idade, com inclusão de 0%, 5%, 10% e 15% do FVA.

Tratamentos	MS	PB	MM	EE	pH	FDN	FDA	HCEL	CT	CNF
	(% na MS)									
Silagem de capim-elefante (70d)	19,47	7,37	8,19	3,34	3,79	70,15	44,91	25,24	81,10	10,95
Silagem + 5% FVA (70d)	21,64	7,93	8,10	3,29	3,80	68,25	43,48	24,77	80,68	12,43
Silagem + 10% FVA (70d)	23,72	9,14	7,52	3,62	3,78	64,30	40,05	24,24	79,73	15,43
Silagem + 15% FVA (70d)	27,83	9,91	6,69	3,78	3,73	61,28	37,08	24,19	79,62	18,34
Silagem de capim-elefante (90d)	20,93	7,16	9,01	3,11	3,58	71,70	45,25	26,45	80,72	9,03
Silagem + 5% FVA (90d)	22,53	7,64	8,62	3,13	3,56	70,46	44,12	26,34	80,60	10,14
Silagem + 10% FVA (90d)	25,58	8,60	8,08	3,34	3,58	67,14	40,95	26,19	79,99	12,85
Silagem + 15% FVA (90d)	29,78	9,85	7,37	3,01	3,59	65,16	38,93	26,24	79,77	14,61
Silagem de capim-elefante (110d)	22,05	6,72	10,41	2,85	3,78	73,64	46,97	26,67	80,02	6,38
Silagem + 5% FVA (110d)	24,77	7,42	9,40	3,05	3,71	70,44	43,91	26,53	80,14	9,69
Silagem + 10% FVA (110d)	26,59	8,24	9,19	3,23	3,69	68,65	42,24	26,40	79,35	10,70
Silagem + 15% FVA (110d)	30,73	8,98	7,82	3,28	3,70	66,64	40,40	26,24	79,93	13,28

4.4 Características das silagens

4.4.1 Teor de matéria seca das silagens

Os teores de MS das silagens de capim-elefante foram influenciados ($p < 0,0001$) pela inclusão do FVA. Observou-se aumento ($p < 0,0001$) de forma linear no teor de MS das silagens à medida que foi incluído o FVA, conforme observa-se Figura 3.

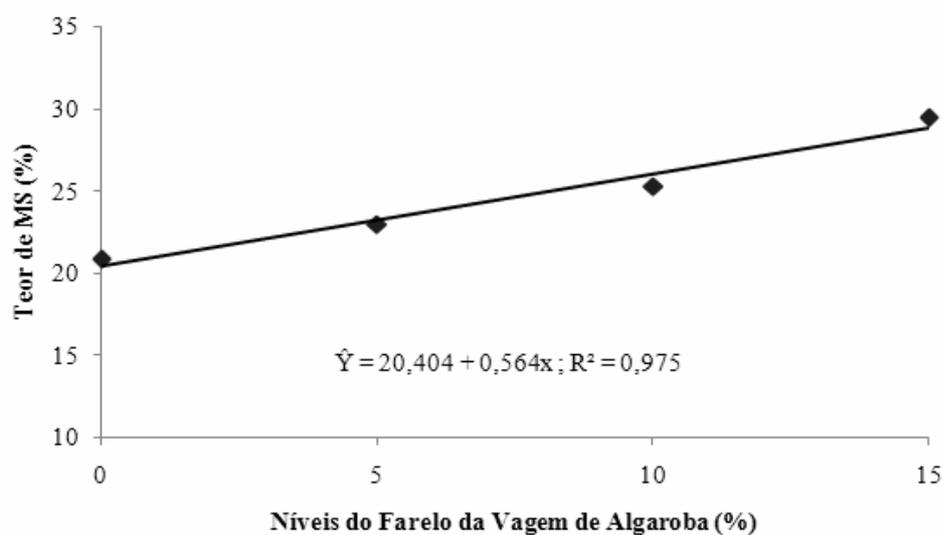


FIGURA 3 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de MS das silagens de capim-elefante.

O teor de MS da forragem é um fator importante para se obter uma silagem com bom padrão de fermentação. Os valores observados nesta pesquisa foram de 20,9% de MS nas silagens com 0% de inclusão do FVA a 29,2% de MS nas silagens com 15% de inclusão do FVA. No nível de inclusão 13,5% do FVA, as silagens alcançaram um limite mínimo de MS (28,0%), citado por McCullough (1977) como padrão para uma boa conservação da silagem.

Esse aumento nos teores de MS era esperado já que o aditivo utilizado (FVA) possui alto teor de MS (89,60%) comparado ao capim-elefante. Comportamento semelhante foi obtido por diversos autores observando os teores de MS de silagem de capim-elefante com aditivos caracterizados por altos teores de MS. Andrade & Lavezzo (1998) trabalhando com silagem de capim-elefante com níveis crescentes de sacharina (0%, 8%, 16% e 24%), elevaram o teor de MS em 0,56 pontos percentuais. Ferrari Júnior & Lavezzo (2001) observaram elevação da MS em 0,45 pontos percentuais devido a inclusão de farelo de mandioca (0%, 2%, 4%, 8% e 12%) em silagens de capim-elefante, obtendo teores de MS inferiores aos do presente trabalho. Rezende et al. (2002) observaram elevação de 0,15 pontos percentuais no teor de MS de silagens de capim-elefante com níveis crescentes de inclusão do girassol (0%, 25%, 50%, 75% e 100%). A adição de casca de café (0%, 10%, 20%, 30% e 40%) em silagem de capim-elefante elevou o teor de MS em 0,69 pontos percentuais (Bernardino et al., 2005).

Foi observado aumento linear ($p<0,0001$) no teor de MS das silagens com o aumento da idade de corte do capim-elefante. Observou-se aumento de 0,072 pontos percentuais no teor de MS das silagens para cada acréscimo de um dia da idade de corte do capim, conforme Figura 4. Isso é evidenciado pelo fato do capim-elefante, como gramínea tropical de via fotossintética C_4 , apresentar grande capacidade de assimilação da energia solar e, portanto, de acumulação de matéria seca (Laetsch, 1974; Jacques, 1994). Deschamps (1999) ao trabalhar com três cultivares (Empasc-307-Testo, Empasc-309-Areia e Roxo) de capim-elefante evidenciou acúmulo de MS da gramínea ao longo de seu estágio vegetativo.

Não foi observada interação ($p=0,6123$) entre as variáveis nível de inclusão do FVA e idade de corte do capim-elefante nos teores de MS das silagens.

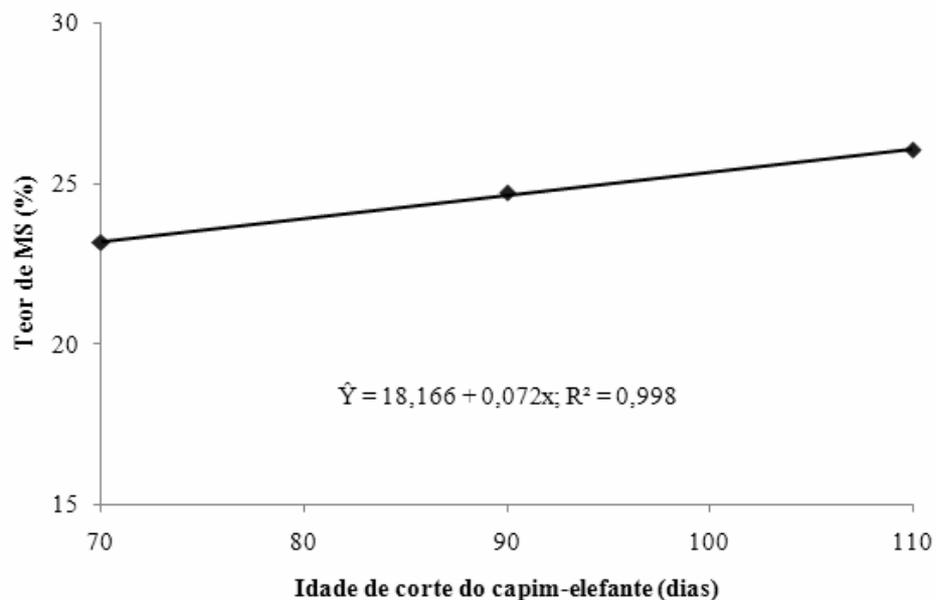


FIGURA 4 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de MS das silagens.

4.4.2 Teor de proteína bruta das silagens

Observou-se aumento linear ($p < 0,0001$) no teor de PB quando se incluiu o FVA à ensilagem de capim-elefante. A cada 1% de adição do FVA foi proporcionado elevação de 0,169 pontos percentuais no teor de PB das silagens, conforme Figura 5. O teor de PB das silagens alcançou o valor mínimo de 6 a 8% necessário para a boa fermentação ruminal (Soest, 1994).

O percentual de PB apresentado pelo FVA (11,3%) fez com que, no maior nível de adição (15%), as silagens atingissem 9,50% de proteína bruta, valor esse 2,53 pontos percentuais acima do tratamento testemunha (0% de FVA).

Os teores de PB observados neste trabalho, nas silagens com 0%, 5%, 10% e 15% do FVA, foram superiores aos obtidos por Rezende et al. (2007), que utilizaram os mesmos níveis de inclusão (0%, 5%, 10% e 15%) do farelo de batata diversa, adicionado ao capim napier, observando teores de PB de 6,1%, 6,6%, 7,6%, 7,7% respectivamente.

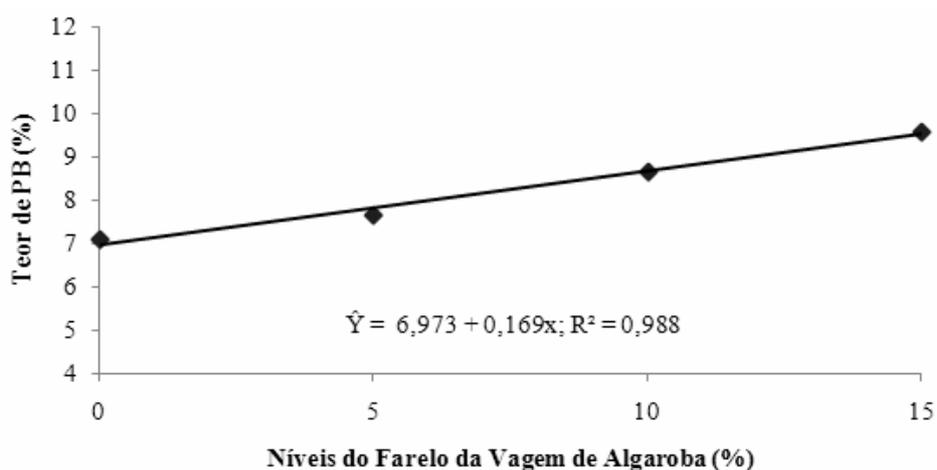


FIGURA 5 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de PB das silagens de capim-elefante.

Foi observado decréscimo linear ($p=0,0176$) nos teores de PB das silagens com o aumento da idade de corte do capim-elefante. Observou-se que o teor médio de PB reduziu com 0,018 pontos percentuais para cada dia que se aumentou na idade do capim elefante, conforme Figura 6. Essa variação é decorrente das modificações que ocorrem com o envelhecimento dos tecidos e com o período de crescimento da planta. Sendo assim, a redução no teor de proteína bruta parece estar entre as principais alterações químicas observadas na composição da matéria seca. Não se pode desconsiderar que a menor participação de N na composição das forrageiras tropicais decorre da maior

eficiência com que as plantas C_4 utilizam o N para converter CO_2 , ou seja, com menos N disponível acumulam maior quantidade de matéria seca (Nelson & Moser, 1994).

Não foi observada interação ($p=0,903$) entre as variáveis nível de inclusão do FVA e idade de corte do capim-elefante nos teores de PB das silagens.

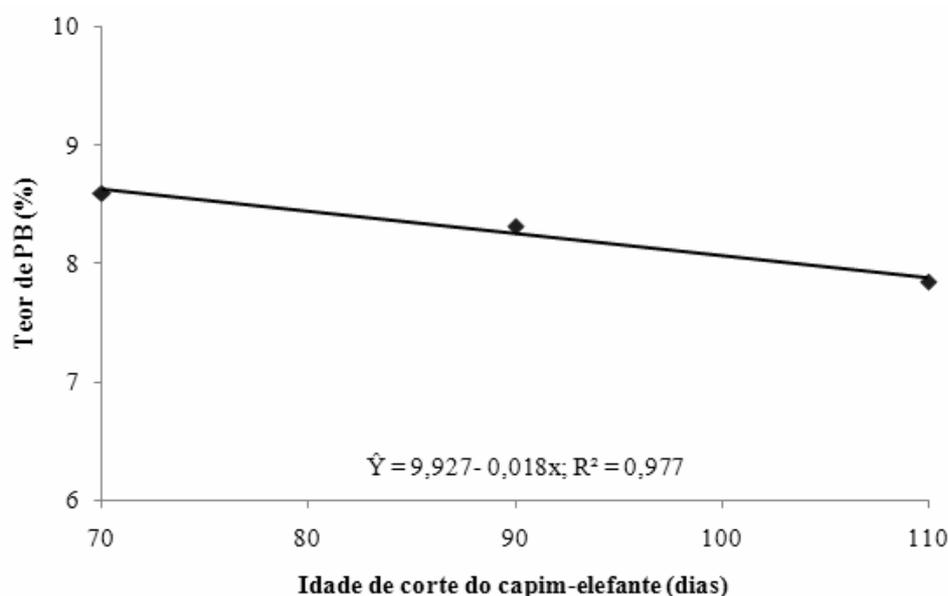


FIGURA 6 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de PB das silagens.

4.4.3 Teor de matéria mineral das silagens

Observou-se interação ($p<0,0001$) entre o nível de inclusão do FVA e a idade de corte do capim-elefante, para a variável MM. Foi observado decréscimo linear ($p<0,0001$) nos teores de MM das silagens confeccionadas com capim-elefante cortado aos 90 e 110 dias de idade à medida que se incluiu o FVA. A cada 1% de inclusão do FVA foi proporcionada diminuição de 0,109 e 0,159 pontos percentuais nos teores de MM das silagens, para as idades de corte

de 90 e 110 dias, respectivamente (Figura 7). Para as silagens com capim-elefante, cortado aos 70 dias, observou-se comportamento quadrático decrescente ($p < 0,0001$) nos teores de MM. Essa diminuição nos teores de MM pode está associada ao menor teor de MM do FVA (4,55%) em relação ao capim-elefante (8,65%, 8,87% e 8,89%) nas idades 70, 90 e 110 dias, respectivamente.

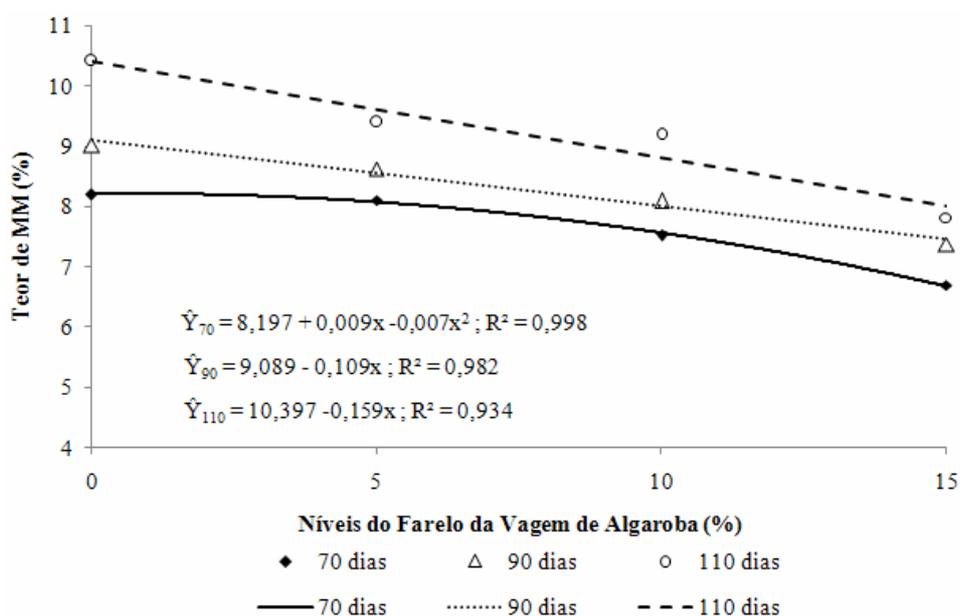


FIGURA 7 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de MM das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.

O FVA foi semelhante ao farelo de mandioca (0,12 pontos percentuais) na elevação da porcentagem de MM de silagem de capim-elefante, obtida por Ferrari Júnior & Lavezzo (2001). O farelo de trigo e a sacharina tiveram comportamento semelhante ao FVA, ou seja, reduziram em 0,11 pontos a porcentagem da MM de silagem de capim-elefante (Andrade & Lavezzo, 1998).

Foi observado aumento linear ($p < 0,0001$) nos teores de MM das silagens com o aumento da idade de corte do capim-elefante, em todos os níveis de inclusão do FVA. A cada 1% de inclusão do FVA foi proporcionado aumento de 0,055; 0,032; 0,041 e 0,028 pontos percentuais nos teores de MM das silagens, nos níveis 0; 5; 10 e 15% de inclusão do FVA, respectivamente, conforme Figura 8.

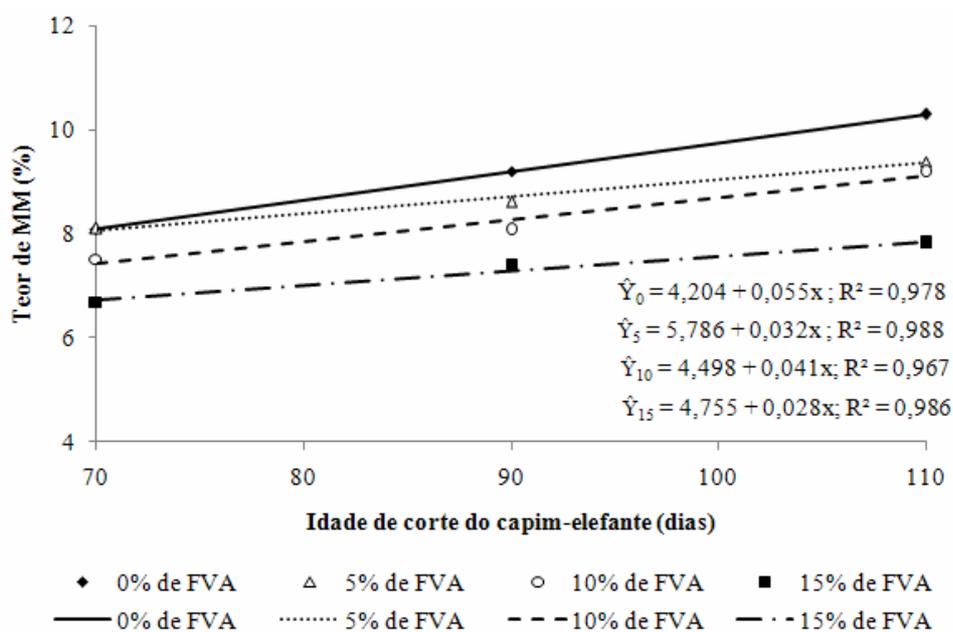


FIGURA 8 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor de MM das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.

4.4.4 Teor de extrato etéreo das silagens

Foi observada interação ($p = 0,0251$) entre o nível de inclusão do FVA e a idade de corte do capim-elefante para a variável EE. Houve aumento linear ($p < 0,0001$) no teore de EE das silagens confeccionadas com capim-elefante cortado aos 70 e 110 dias de idade à medida que se incluiu o FVA. A cada 1%

de inclusão do FVA foi proporcionado aumento de 0,032% e 0,029% no teor de EE das silagens, para as respectivas idades de corte, conforme Figura 9.

A porcentagem de extrato etéreo nas silagens confeccionadas com capim-elefante, cortado aos 90 dias de idade apresentou comportamento quadrático, tendo como ponto de máximo EE a inclusão de 8,33% do FVA.

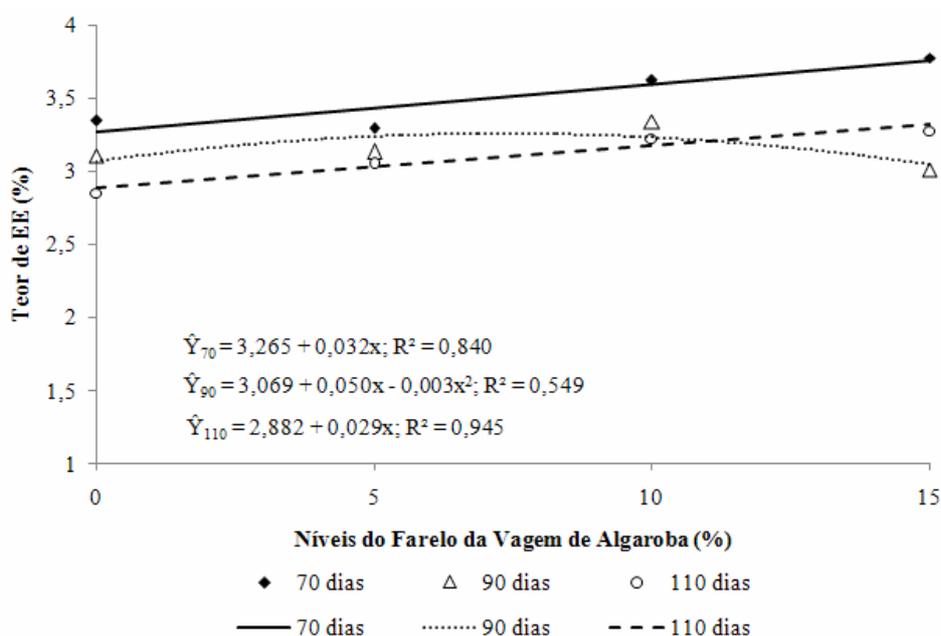


FIGURA 9 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de EE das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.

Houve diminuição linear ($p < 0,0001$) nos teores de EE das silagens confeccionadas com 0, 5 e 10% de inclusão do FVA ao capim-elefante. A cada 1 dia decorrido da idade de corte foi proporcionada diminuição de 0,012%, 0,006% e 0,009% no teor de EE das silagens, para respectivas silagens, conforme Figura 10.

Observou-se efeito quadrático ($p < 0,0001$) na porcentagem de extrato etéreo para as silagens confeccionadas com 15% de FVA.

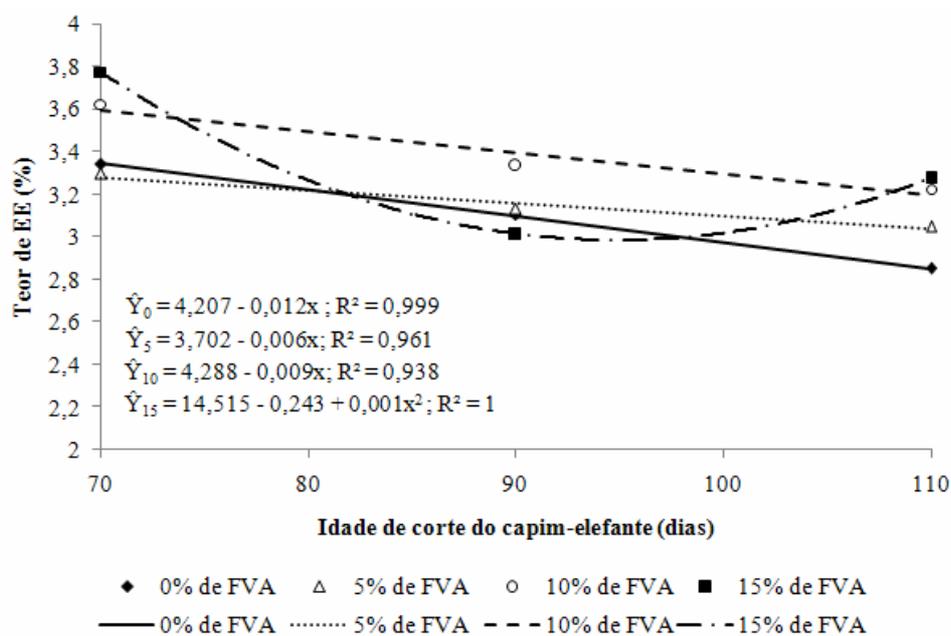


FIGURA 10 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor de EE das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.

4.4.5 Valores de pH das silagens

Foi observado interação ($p < 0,0001$) entre o nível de inclusão do FVA e a idade de corte do capim-elefante para a variável pH. Em todas as silagens avaliadas, verificou-se que os valores de pH foram inferiores ao limite máximo descrito pela literatura. Houve efeito quadrático ($p < 0,0001$) nos valores de pH, para todas as silagens, independente da idade de corte do capim-elefante, conforme Figura 11.

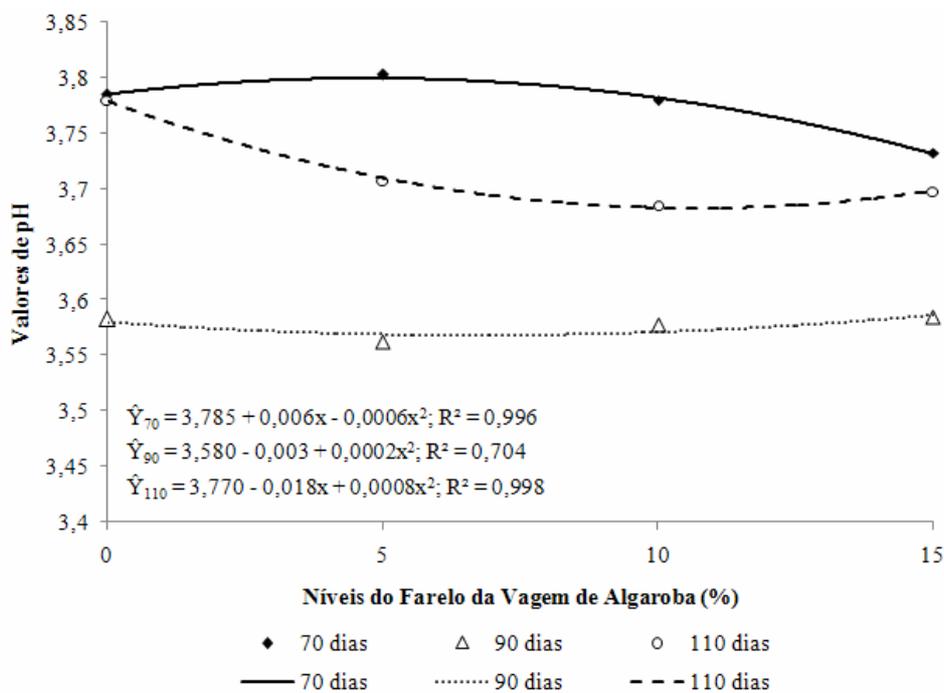


FIGURA 11 Efeito dos níveis de inclusão do FVA nos valores de pH das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.

O pH das silagens neste estudo é considerado adequado a uma boa fermentação. O valor de pH é um parâmetro de pouca importância quando avaliado isoladamente, pois para uma silagem ser considerada de boa qualidade necessita que ocorra um abaixamento rápido do pH, de modo a não elevar os teores de N-NH₃ (% do N total).

Os resultados obtidos no presente trabalho concordam com os relatados por Lobo (2006) que observou resposta cruvilinear do pH ao trabalhar com níveis de inclusão de polpa cítrica (0%, 3%, 6% e 9%) à silagem de capim-elefante, em diferentes idades de corte (40; 60; 80; 100 e 120 dias). Teles (2006), trabalhando com silagem de capim-elefante com inclusão de subproduto da manga, observou diminuição no pH das silagens com o aumento do nível de

inclusão do subproduto, chegando ao pH 3,69 às silagens com 16% de inclusão, valores próximos aos encontrados no presente trabalho. Bernardino et al. (2005), utilizando a casca de café (0%, 10%, 20%, 30% ou 40%) como aditivo ao capim-elefante na produção de silagem, verificaram que os valores de pH decresceram linearmente com a adição desse resíduo.

Com relação ao estágio vegetativo do capim-elefante, foi observado efeito quadrático ($p < 0,0001$) em todas as silagens (0%, 5%, 10% e 15%) contendo FVA.

Braga et al. (2001), avaliando a composição químico-bromatológica das silagens de capim-elefante cv. Cameron, em cinco idades de corte, concluíram que o valor de pH foi afetado pela idade de corte, sendo de 3,96 (112 dias), 4,20 (70 dias), 4,32 (56 dias), 4,33 (98 dias) e 4,46 (84 dias).

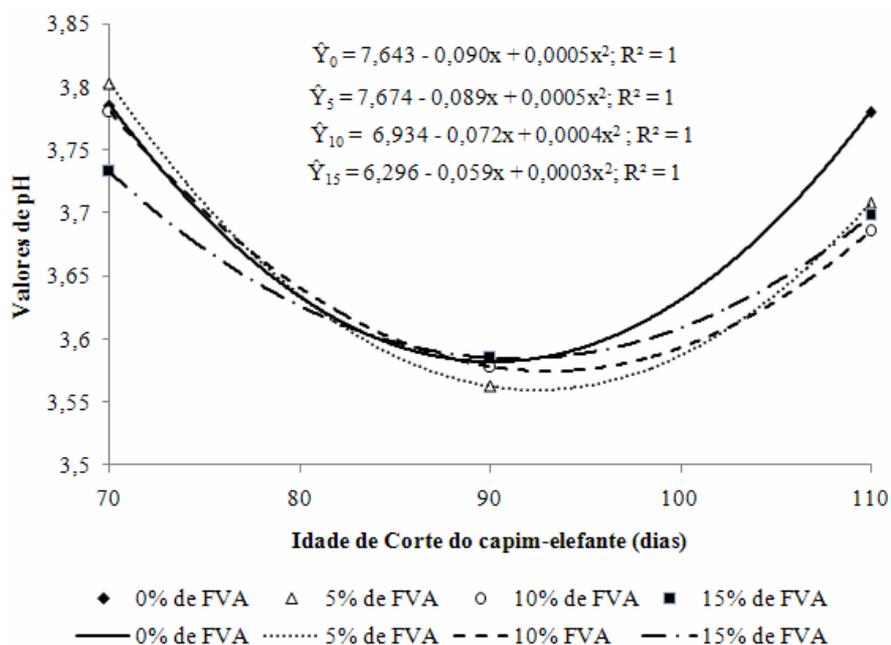


FIGURA 12 Efeito da idade de corte do capim-elefante nos valores de pH das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.

4.4.6 Teor de fibra em detergente neutro das silagens

Na Figura 13, podemos observar redução linear ($p < 0,0001$) dessa característica para a adição do FVA. Essa redução dos teores de fibra com adição do FVA é explicada pelo baixo teor de FDN neste aditivo (29,89%) nesse constituinte quando comparado ao capim-elefante, nos diferentes estádios vegetativos.

A cada 1% de inclusão do FVA observou-se decréscimo de 0,508 pontos percentuais no teor de FDN. Esse fato fez com que o teor de FDN passasse de 71,96% nas silagens exclusivas de capim-elefante para 64,34%, no tratamento com o maior nível de inclusão do FVA, representando uma redução de 7,62 pontos percentuais.

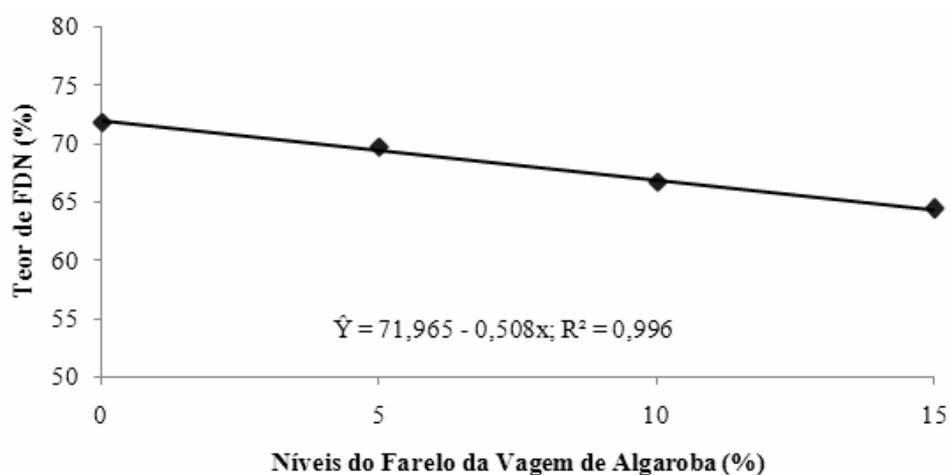


FIGURA 13 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de FDN das silagens de capim-elefante.

Os teores obtidos concordam com Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), que estudaram a inclusão do farelo da mandioca à silagem de capim-elefante. Teles (2006), observou diminuição linear de 0,71% no teor de FDN das silagens de capim-elefante contendo níveis de inclusão do pedúnculo de caju desidratado

(0%, 4%, 8%, 12% e 16%). Rezende (2007), trabalhando com inclusão do farelo de batata diversa (0%, 5%, 10% e 15%) à ensilagem de capim-elefante obteve redução linear de 1,06% no teor de FDN para cada acréscimo de 1% do aditivo.

Segundo Resende et al. (1994), a redução nos teores de FDN das silagens pode contribuir para aumentar o consumo de matéria seca, bem como aumentar a densidade energética da dieta de ruminantes (Jung & Allen, 1995). Elevado teore de FDN interfere no consumo e na digestibilidade da matéria seca (Soest, 1965). Assim sendo, com a inclusão do FVA nas silagens, pôde-se melhorar esse parâmetro nutricional.

Foi observado aumento linear ($p < 0,0001$) nos teores de FDN das silagens com o aumento da idade de corte do capim-elefante. Observou-se aumento de 0,096 pontos percentuais no teor de FDN das silagens para cada acréscimo de 1 dia da idade de corte do capim, variando de 59,48% para a silagem de capim cortada aos 70 dias até 70,04%, para a silagem de capim aos 110 dias, conforme Figura 14. Esse aumento nos teores de FDN é evidenciado pelo espessamento da parede celular vegetal e pela redução do lume e conteúdo celular à medida que se eleva a idade de corte (Wilson, 1997).

Os teores obtidos no presente trabalho estão de acordo com os observados por Deschamps (1999), que observou aumento nos teores de FDN com o aumento do período vegetativo de diferentes cultivares de capim-elefante. Braga et al. (2001), avaliando silagens de capim-elefante cv. Cameron em diferentes idades de corte (56; 70; 84; 98 ou 112 dias), observaram aumento de 1,45% no teor de FDN, para cada acréscimo de 1 dia na idade da forrageira. Lobo (2006), observou aumento no conteúdo de FDN à medida que se aumentou a idade de corte do capim-elefante antes de ser ensilado com polpa cítrica.

Não foi observada interação ($p = 0,1209$), entre as variáveis nível de inclusão do FVA e idade de corte do capim-elefante, nos teores de FDN das silagens.

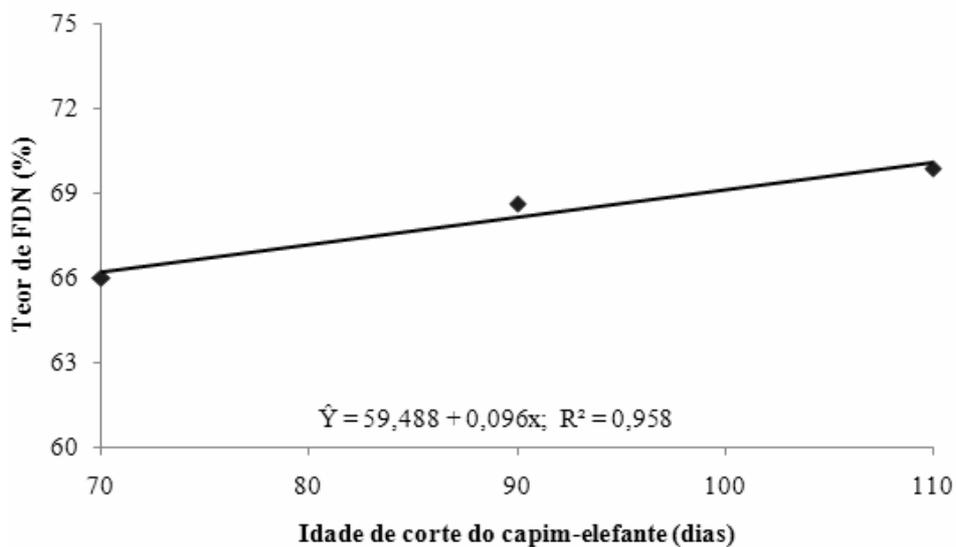


FIGURA 14 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de FDN das silagens.

4.4.7 Teor de fibra em detergente ácido das silagens

Houve interação ($p=0,0416$) entre o nível de inclusão do FVA e a idade de corte do capim-elefante para a variável FDA. Houve decréscimo linear ($p<0,0001$) no teor de FDA das silagens confeccionadas com capim-elefante cortado aos 70, 90 e 110 dias de idade à medida que se incluiu o FVA. A cada 1% de inclusão do FVA foi proporcionada diminuição de 0,54%, 0,44% e 0,42% no teor de FDA das silagens, para as respectivas idades de corte, conforme Figura 15. Essa diminuição nos teores de FDA pode ser explicada pelo menor teor de FDA do FVA (20,83%) em relação ao capim-elefante (43,43%, 43,98% e 43,65%) nas idades 70, 90 e 110 dias, respectivamente.

Os valores obtidos estão de acordo com os observados por Gonçalves et al. (2004), que ao trabalharem com inclusão de resíduo de acerola à ensilagem de capim-elefante, observaram diminuição nos teores de FDA em 0,32 pontos

porcentuais para cada 1% de inclusão do resíduo. Teles (2006), observou diminuição linear de 0,51% e 0,37% no teor de FDA das silagens de capim-elefante contendo níveis de inclusão (0%, 4%, 8%, 12% e 16%) do pedúnculo de caju desidratado e subproduto da manga, respectivamente. Rezende et al. (2007), trabalhando com inclusão de farelo de batata diversa à ensilagem de capim napier, observou diminuição linear (0,64%), no teor de FDA.

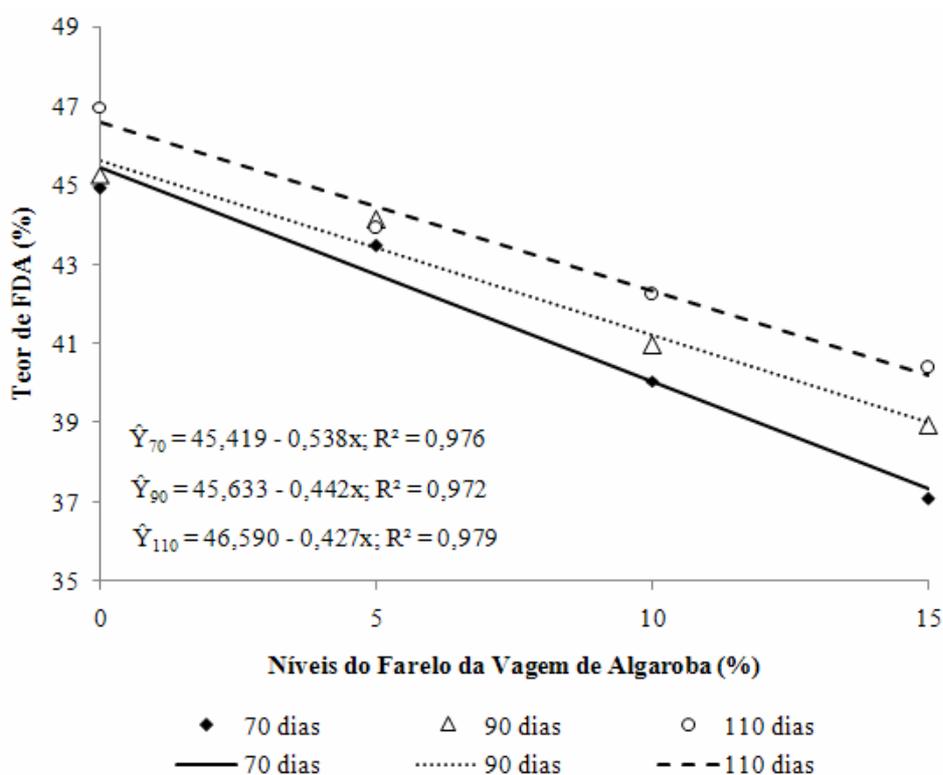


FIGURA 15 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de FDA das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.

Foi observado um aumento linear ($p < 0,0001$) nos teores de FDA das silagens com o aumento da idade de corte do capim-elefante, nos níveis de inclusão 0, 10 e 15% do FVA. No nível de inclusão 5% não houve diferença

($p=0,4157$) entre as idades testadas. A cada 1% de inclusão do FVA foi proporcionado aumento de 0,051, 0,054, e 0,082 pontos percentuais nos teores de FDA das silagens, nos níveis 0, 10 e 15% de inclusão do FVA, respectivamente, conforme Figura 16.

Esse aumento no teor de FDA com o aumento na idade de corte, como já mencionado anteriormente era esperado, tendo em vista o espessamento da parede celular vegetal com o avanço do estágio vegetativo do capim. A análise de FDA apresenta uma estimativa do teor de celulose e de lignina da amostra, sendo assim, valores maiores de FDA indicam uma maior concentração de lignina na parede celular (Soest, 1994).

Quando se levou em conta os teores de FDA em relação à idade de corte, Queiroz Filho et al. (2000) e Braga et al. (2001) concluíram que houve evidente aumento nos teores de FDA conforme o acréscimo no estágio vegetativo da forrageira.

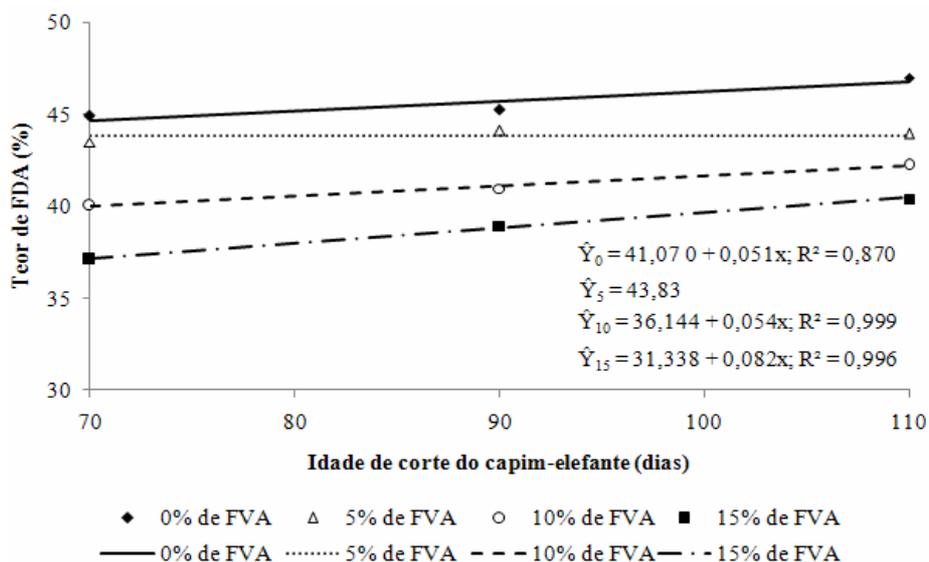


FIGURA 16 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor de FDA das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.

4.4.8 Teor de hemicelulose das silagens

Pela Figura 17 podemos observar que não houve diferença ($p=0,6539$) no teor de HCEL pela a adição do FVA à ensilagem de capim-elefante, apesar de se ter menor porcentual de HCEL no FVA (9,06%) em comparação ao capim-elefante.

Os valores obtidos estão de acordo aos observados por Gonçalves et al. (2004), que ao trabalharem com inclusão de resíduo de acerola e goiaba à ensilagem de capim-elefante, não observaram diferença significativa nos teores de HCEL das silagens, observando teores médios de 27,05% e 25,79% de HCEL nas respectivas silagens. Resultados opostos aos encontrados nas silagens contendo o FVA foram obtidos por Ferrari Júnior & Lavezzo (2001), que verificaram redução nos teores de HCEL quando adicionaram farelo de mandioca à ensilagem de capim-elefante.

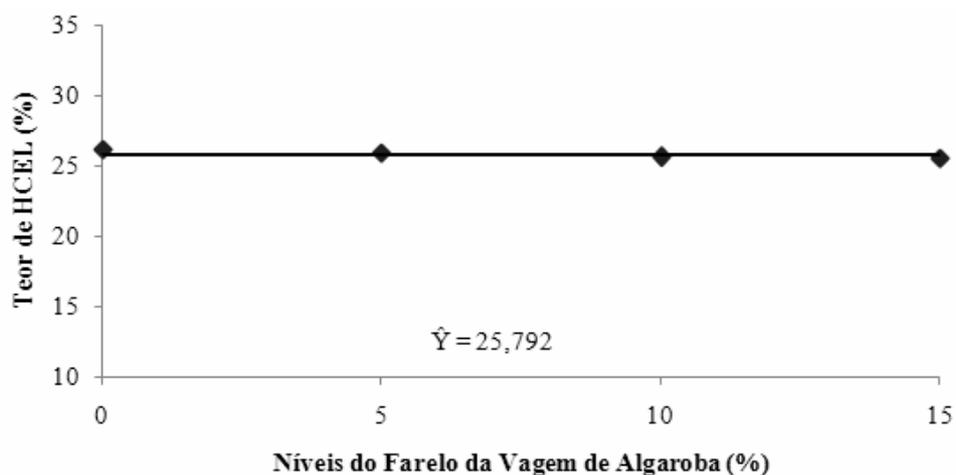


FIGURA 17 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de HCEL das silagens de capim-elefante.

Foi observado aumento linear ($p < 0,0001$) nos teores de HCEL das silagens com o aumento da idade de corte do capim-elefante. Observou-se aumento de 0,046 pontos percentuais nos teores de HCEL das silagens para cada acréscimo de 1 dia da idade de corte do capim, variando de 24,85% na silagem de capim cortada aos 70 dias até 26,67% na silagem de capim cortado aos 110 dias (Figura 18). Essa elevação nos teores de HCEL é resultante do avanço ocorrido na maturação dos tecidos da planta.

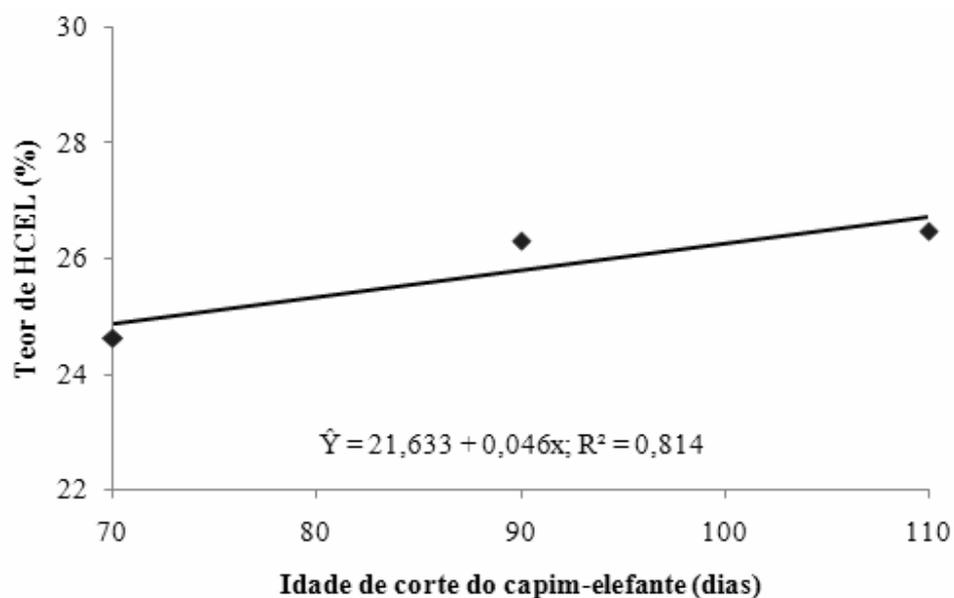


FIGURA 18 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de HCEL das silagens.

Não foi observada interação ($p=0,9938$), entre as variáveis nível de inclusão do FVA e idade de corte do capim-elefante nos teores de HCEL das silagens.

4.4.9 Teores de carboidratos totais e não fibrosos das silagens

Os teores de CT das silagens de capim-elefante foram influenciados ($P<0,01$) pela inclusão do farelo da vagem de algaroba (FVA). Observou-se diminuição linear no teor de CT das silagens à medida que foi incluído o FVA (Figura 19).

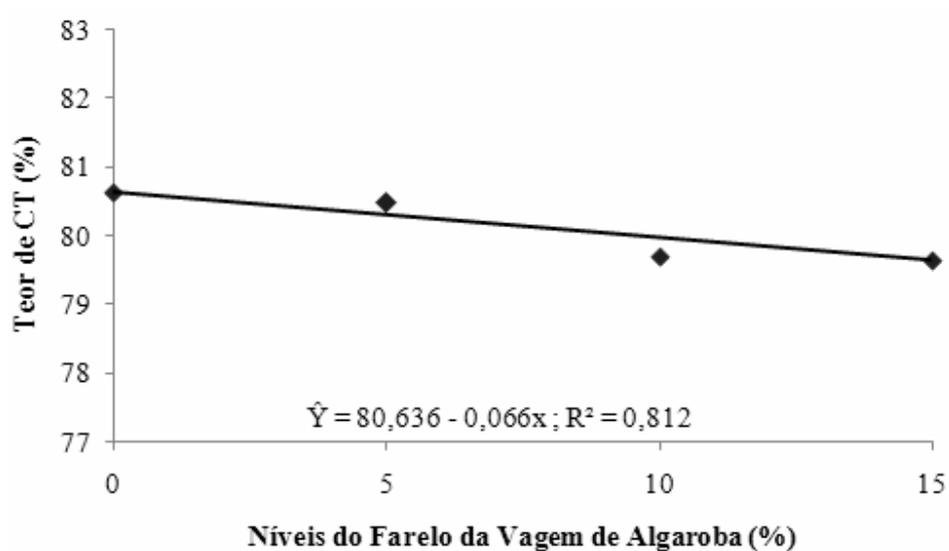


FIGURA 19 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de CT das silagens de capim-elefante.

Em gramíneas tropicais, os CT representam a maior proporção da MS das plantas e a variação na qualidade dessa fração interfere diretamente na disponibilidade de energia para o ruminante. Comportamento semelhante foi obtido por Carvalho et al. (2007), trabalhando com inclusão do farelo de cacau a ensilagem de capim-elefante. Os referidos autores observaram redução de 0,22% nos CT para cada 1% de inclusão do farelo à ensilagem. É possível que a redução no teor de CT das silagens com farelo de cacau tenha sido ocasionada pelo elevado teor dessas frações, pois, na estimativa do teor de CT, segundo Sniffen et al. (1992), quanto maiores os teores de PB e EE, menor a proporção de carboidratos.

Na Figura 20, podemos observar que não houve diferença ($p=0,1177$) no teor de CT pela adição do FVA à ensilagem de capim-elefante. Apesar de se ter menor percentual de CT no FVA (81,45%) em comparação ao capim-elefante,

no momento da ensilagem, esses valores apresentados pelo farelo da vagem de algaroba não reduziu os percentuais de CT das silagens produzidas.

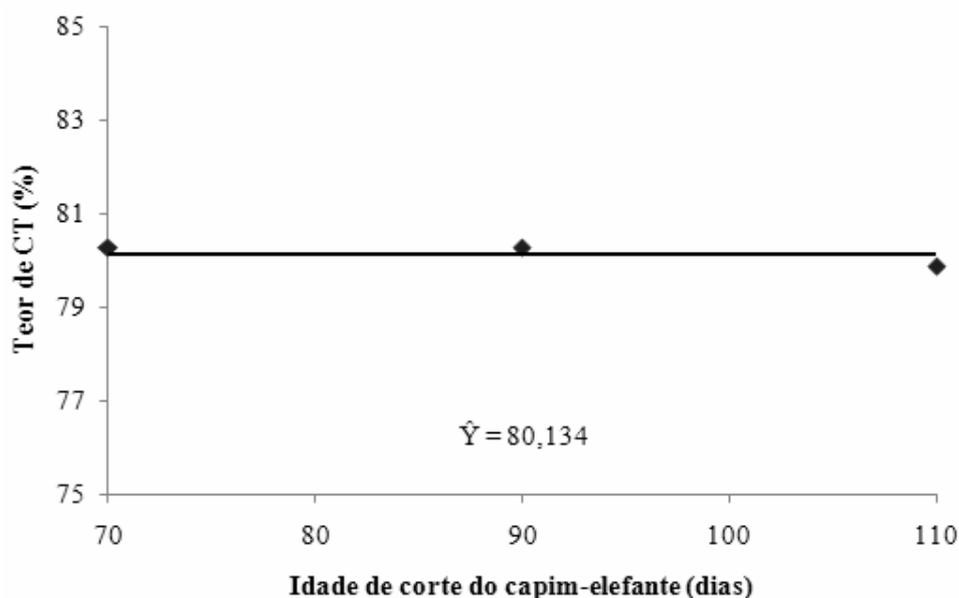


FIGURA 20 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de CT das silagens.

Não foi observada interação ($p=0,5003$), entre as variáveis nível de inclusão do FVA e idade de corte do capim-elefante nos teores de CT das silagens.

Houve aumento nos teores de CNF com o aumento nos níveis de inclusão do FVA (Figura 21). Observou-se aumento de 0,442 pontos percentuais nos teores de CNF das silagens para cada acréscimo de 1% da inclusão do FVA, variando de 8,67% na silagem com 0% de inclusão do FVA até 15,30% na silagem com 15% do FVA. O elevado teor de CNF das silagens

pode estar também associado à quebra de ligações químicas dos carboidratos estruturais, principalmente hemicelulose (Tosi et al., 1999).

Segundo Soest (1994), os CNF servem de substratos para as bactérias do gênero *Lactobacillus* melhorando a qualidade da silagem, além de aumentar seu valor nutritivo. Eles contribuem ainda para elevar o valor energético da silagem e são considerados carboidratos de elevada digestibilidade.

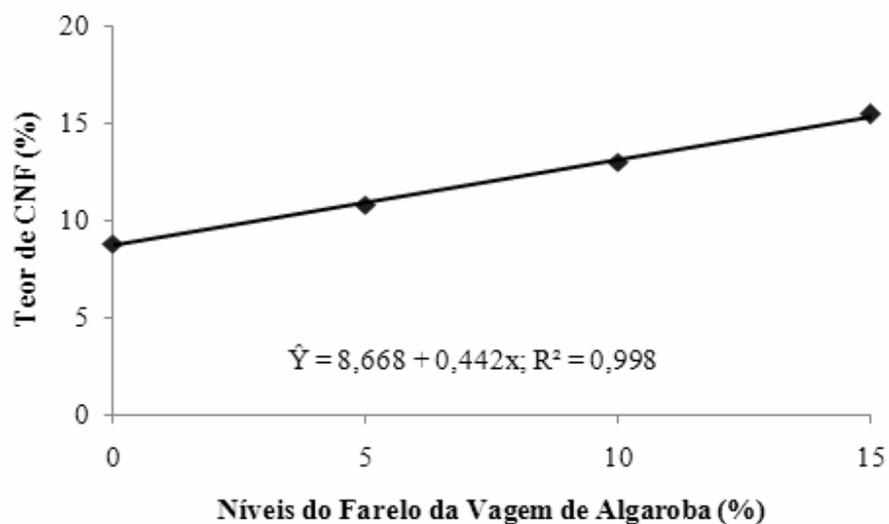


FIGURA 21 Efeito dos níveis de inclusão do FVA no teor de CNF das silagens de capim-elefante.

Foi observada diminuição linear ($p < 0,0001$) nos teores de CNF das silagens com o aumento da idade de corte do capim-elefante. Observou-se diminuição de 0,107 pontos percentuais nos teores de CNF das silagens para cada acréscimo de 1 dia da idade de corte do capim, variando de 14,11% na silagem de capim cortada aos 70 dias até 9,83% na silagem de capim cortada aos 110 dias (Figura 22).

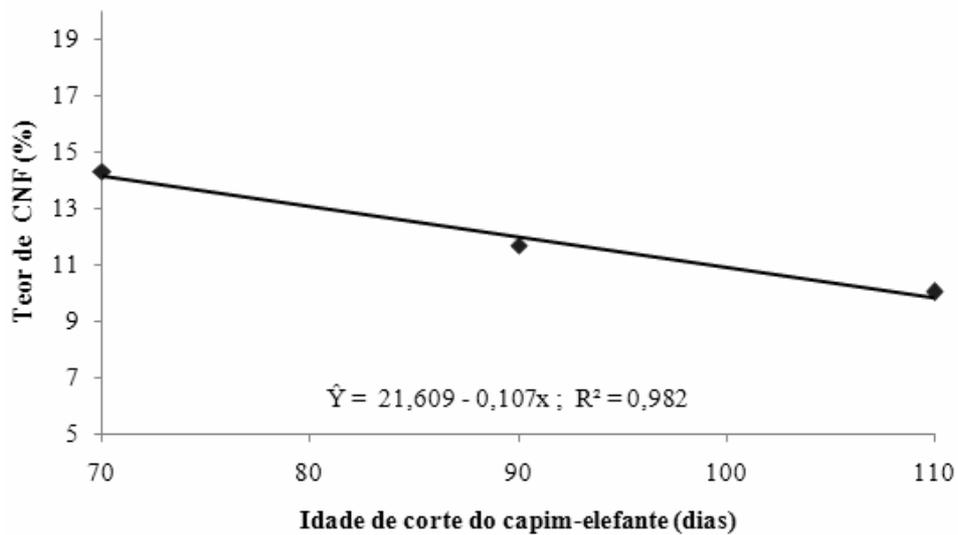


FIGURA 22 Efeito da idade de corte do capim-elefante no teor médio de CNF das silagens.

Não foi observada interação ($p=0,4353$), entre as variáveis nível de inclusão do FVA e idade de corte do capim-elefante nos teores de CNF das silagens.

4.5 Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens

Os valores da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) estão apresentados na Tabela 4.

Em relação à digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foi observada interação entre a idade de corte e o nível de inclusão do farelo da vagem de algaroba. Houve aumento linear ($p<0,0001$) na digestibilidade *in vitro* da matéria seca com o aumento no nível de inclusão do FVA (Figura 23). Esse comportamento pode ser explicado pela diminuição dos teores de FDN e FDA das silagens, ou seja, os mesmos demonstram uma relação linear positiva entre as variáveis.

TABELA 4 Teores médios da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens de capim-elefante com inclusão do FVA.

Tratamentos	DIVMS
Silagem de capim-elefante (70d)	62,84
Silagem + 5% FVA (70d)	64,55
Silagem + 10% FVA (70d)	66,35
Silagem + 15% FVA (70d)	66,95
Silagem de capim-elefante (90d)	57,70
Silagem + 5% FVA (90d)	61,15
Silagem + 10% FVA (90d)	63,55
Silagem + 15% FVA (90d)	65,12
Silagem de capim-elefante (110d)	50,35
Silagem + 5% FVA (110d)	53,10
Silagem + 10% FVA (110d)	57,89
Silagem + 15% FVA (110d)	59,13

Os resultados concordam com Rezende et al. (2008), que observaram resposta linear crescente (58,24; 62,22; 66,20; 70,20 e 74,19%) para a DIVMS em relação a adição (0%, 7%, 14%, 21% e 28%) de raspa de batata na silagem de capim-elefante. Lobo (2006) observou aumento linear crescente na digestibilidade *in vitro* da matéria seca com o aumento no nível (0%, 3%, 6% e 9%) de polpa cítrica. Por outro lado, resultados contrários foram obtidos por Carvalho et al. (2007), que trabalharam com silagem de capim-elefante adicionada de farelo de cacau, e observaram diminuição linear da DIVMS nas silagens com a inclusão do farelo. Os valores de DIVMS nas silagens com 0; 7; 14; 21 e 28% de farelo de cacau foram respectivamente 65,5; 63,5 61,5; 59,5 e 57,5%. Bernardino et al. (2005), estudando a inclusão da casca de café (0%,

10%, 20%, 30% e 40%) na ensilagem de capim-elefante, observaram redução linear da DIVMS das silagens.

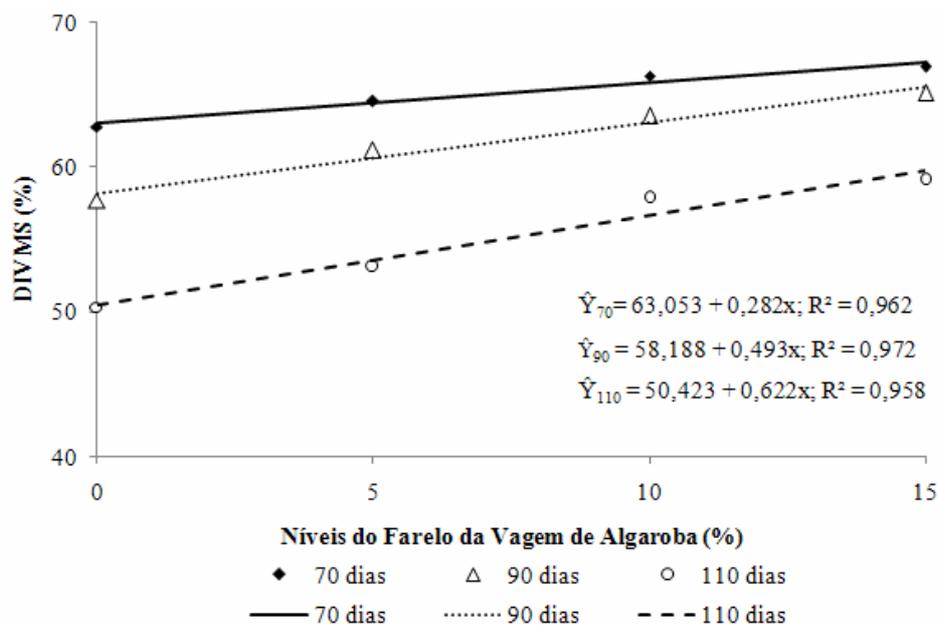


FIGURA 23 Efeito dos níveis de inclusão do FVA na DIVMS das silagens de capim-elefante, nas diferentes idades de corte.

Houve diminuição ($p < 0,0001$) na digestibilidade da matéria seca com o aumento da idade de corte do capim-elefante (Figura 24). Esses resultados estão de acordo com os esperados, uma vez que a digestibilidade de gramíneas é marcadamente diminuída com o avanço do estágio vegetativo, devido ao acúmulo de fibra e a lignificação da parede celular vegetal, além da redução nos teores de PB.

Lobo (2006) observou aumento linear crescente da DIVMS de silagens de capim-elefante com a diminuição da idade (40; 60; 80; 100 e 120 dias) de corte da gramínea antes de ser ensilada.

Com a avançar do estágio vegetativo do capim-elefante, a proporção dos constituintes com maior potencial digestível tende a diminuir e as fibras em comportamento contrário tendem a se acumular. A área ocupada pelo tecido lignificado aumentou com o crescimento das plantas, tanto nas folhas quanto no colmo, assim, a degradação dos tecidos presentes nas diferentes estruturas diminuiu com a idade da planta (Brito et al., 1999).

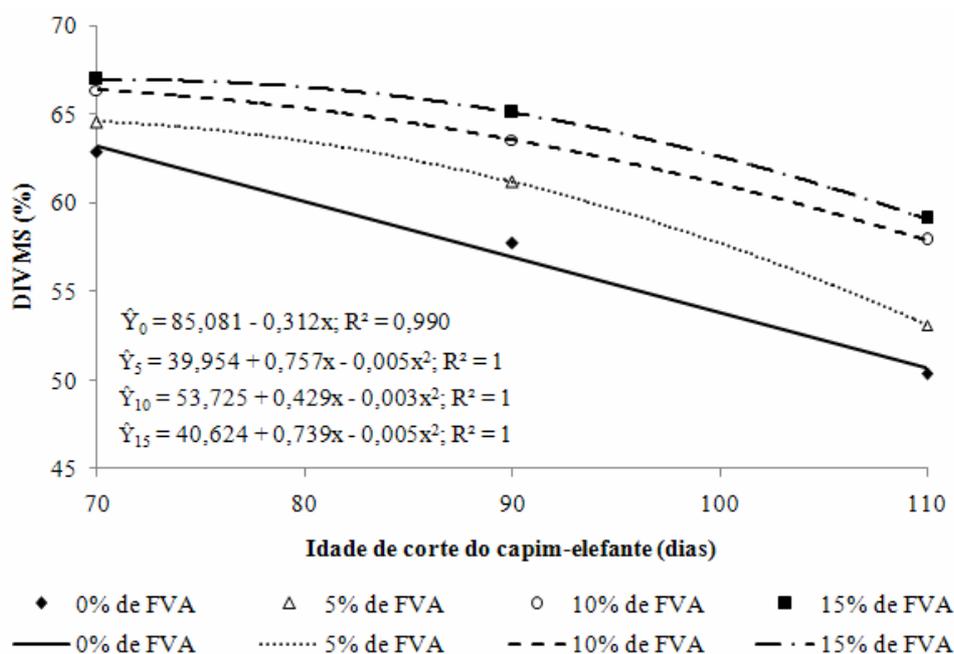


FIGURA 24 Efeito da idade de corte do capim-elefante na DIVMS das silagens, nos diferentes níveis de inclusão do FVA.

4.6 Cinética ruminal da matéria seca

Os valores das frações solúvel (a) e insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE), da matéria seca (MS) das silagens de capim-elefante contendo níveis de inclusão do FVA e das silagens de capim-elefante

em diferentes idades de corte e o coeficiente de determinação (R^2), são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 Valores médios dos coeficientes a (fração solúvel), b (fração insolúvel potencialmente degradável), c (taxa de degradação da fração b), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS) de silagens de capim-elefante contendo níveis de inclusão do FVA, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), considerando taxa de passagem (k) =0,05/hora.

Tratamentos	Coeficientes			Degradabilidade (%)		R^2
	a(%)	b(%)	c(%/h)	DP	DE	
Silagem de capim-elefante (70d)	22,06	40,80	0,037	62,86	39,41	0,993
Silagem de capim-elefante (90d)	20,70	40,64	0,036	61,34	37,71	0,989
Silagem de capim-elefante (110d)	19,31	36,95	0,037	56,26	35,02	0,988
Silagem + 0% de FVA	14,60	44,78	0,031	59,38	31,74	0,994
Silagem + 5% de FVA	18,89	40,91	0,038	59,80	36,56	0,989
Silagem + 10% de FVA	22,69	37,38	0,038	60,07	38,83	0,991
Silagem + 15% de FVA	26,46	35,23	0,042	61,69	42,54	0,993

Não houve interação ($p=0,0635$) entre os tempos de incubação (0; 3; 6; 12; 24; 48; 72 e 96 horas), os níveis de inclusão do FVA (0%, 5%, 10% e 15%) e as idades (70; 90 e 110 dias) de corte do capim-elefante sobre a degradabilidade da MS. Houve efeito ($p<0,0001$) do tempo de incubação e do nível de inclusão do FVA e efeito ($p<0,0001$) do tempo de incubação e idade de corte do capim-elefante.

A fração solúvel (a) diminuiu com a idade de corte do capim-elefante e aumentou com a inclusão do FVA. A degradabilidade potencial (DP) da MS diminuiu ($p<0,0001$) com a idade de corte do capim-elefante.

Observando a degradabilidade efetiva (DE) da MS, pôde-se notar uma diminuição com a idade de corte do capim-elefante. Deschamps (1999), estudando a digestibilidade dos tecidos de cultivares de capim-elefante, observou que com a ampliação do período de crescimento do capim, ocorreu intensa redução na digestibilidade da MS, tanto na fração colmo, quanto na

fração folha de todos os cultivares estudados. Entretanto, com a ampliação do período de crescimento das plantas, observou-se que o colmo apresentou redução mais acentuada na digestibilidade em relação às folhas. Na média das três cultivares, a digestibilidade da matéria seca da fração folha aos 28 e 126 dias foi de 75,7 e 54,9% e a da fração colmo, foi 76,1 e 37,8% respectivamente.

Foi observado aumento na degradabilidade potencial (DP) da MS com aumento no nível de inclusão do FVA à silagem de capim-elefante, atingindo o maior valor (61,69%) na silagem contendo 15% do FVA. Rezende et al. (2007), ao avaliarem a degradação ruminal da silagem de capim-elefante cv. Napier com adição de farelo de batata diversa, observaram valores de degradação potencial da MS de 62,88% no nível de inclusão de 15% do farelo de batata, sendo esse próximo ao obtido no respectivo nível de inclusão do FVA.

A degradabilidade efetiva (DE) aumentou à medida que se elevou o nível de adição do FVA à silagem de capim-elefante. Os dados de degradabilidade efetiva da MS podem ser considerados altos quando comparados aos resultados obtidos a partir de incubações de silagem de capim-elefante sem aditivos, conforme relatado por Valadares Filho (1994) e Vilela et al. (1994). Rezende et al. (2007) também observaram valores menores (30,21%) de DE da silagem de capim napier ensilada sem aditivo. Isso pode ser explicado em virtude do material ensilado neste trabalho ser menos fibroso e mais protéico que o avaliado pelos referidos autores. Já Ribeiro Filho (1998), ao avaliar a degradabilidade efetiva do capim-elefante *in natura*, encontrou 32,75%, sendo superior aos 31,74% obtidos neste estudo na silagem de capim-elefante sem FVA.

A degradabilidade da MS da silagem de capim-elefante, cortado em diferentes idades em função do tempo de incubação, está representada na Figura 25.

$$\hat{Y}_{70} = 22,06 + 40,80 (1 - e^{-0,037t}); R^2 = 0,993$$

$$\hat{Y}_{90} = 20,70 + 40,64 (1 - e^{-0,036t}); R^2 = 0,989$$

$$\hat{Y}_{110} = 19,31 + 36,95 (1 - e^{-0,037t}); R^2 = 0,988$$

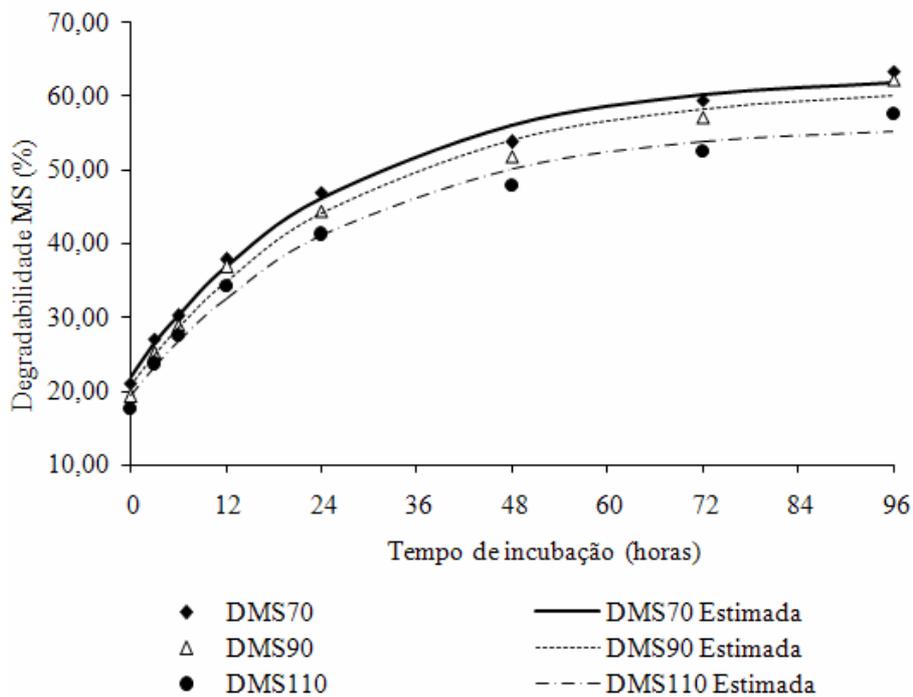


FIGURA 25 Efeito da idade de corte do capim-elefante na degradabilidade da MS da silagem de capim-elefante, nos diferentes tempos de incubação (horas).

A degradabilidade da MS da silagem de capim-elefante com os níveis de inclusão do FVA, em função do tempo de incubação, está representada na Figura 26.

$$\hat{Y}_0 = 14,60 + 44,78 (1 - e^{-0,031t}); R^2 = 0,994$$

$$\hat{Y}_5 = 18,89 + 40,91 (1 - e^{-0,038t}); R^2 = 0,989$$

$$\hat{Y}_{10} = 22,69 + 37,38 (1 - e^{-0,038t}); R^2 = 0,991$$

$$\hat{Y}_{15} = 26,46 + 35,23 (1 - e^{-0,042t}); R^2 = 0,993$$

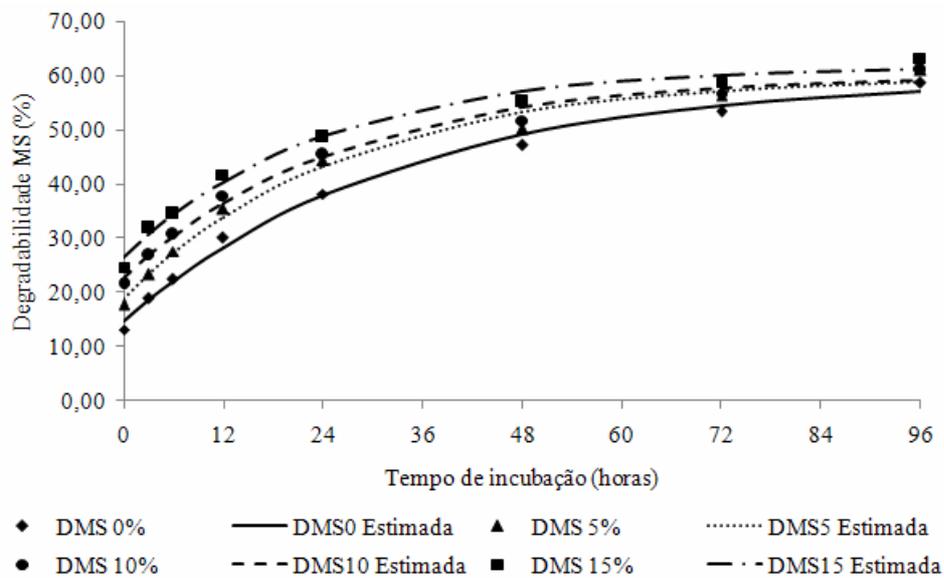


FIGURA 26 Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da MS da silagem de capim-elefante, nos diferentes tempos de incubação.

Em todos os níveis de inclusão do FVA ocorreu aumento no desaparecimento da MS com o decorrer do tempo de incubação no rúmen. A medida que aumenta o tempo de incubação nota-se aumento no desaparecimento da MS prontamente degradada, em função do maior tempo de contato da amostra com o ambiente ruminal.

4.7 Cinética ruminal da proteína bruta

Os valores das frações solúvel (a) e insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE), da proteína bruta (PB) das silagens de capim-elefante contendo níveis de inclusão do FVA nas diferentes idades de corte do capim e o coeficiente de determinação (R^2), são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 Valores médios dos coeficientes a (fração solúvel), b (fração insolúvel potencialmente degradável), c (taxa de degradação da fração b), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da proteína bruta (PB) das silagens de capim-elefante cortada aos 70, 90 e 110 dias de idade contendo níveis de inclusão do FVA, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), considerando taxa de passagem (k) =0,05/hora.

Tratamentos	Coeficientes			Degradabilidade (%)		R^2
	a(%)	b(%)	c(%/h)	DP	DE	
Silagem de capim-elefante (70d)	48,75	10,27	0,016	59,02	51,24	0,982
Silagem + 5% FVA (70d)	54,15	7,87	0,020	62,02	56,40	0,997
Silagem + 10% FVA (70d)	58,64	8,43	0,018	67,07	60,87	0,991
Silagem + 15% FVA (70d)	64,15	10,86	0,041	75,01	69,04	0,985
Silagem de capim-elefante (90d)	46,60	14,69	0,024	61,29	51,36	0,999
Silagem + 5% FVA (90d)	50,97	9,65	0,036	60,62	55,01	0,995
Silagem + 10% FVA (90d)	56,66	8,75	0,033	65,41	60,14	0,995
Silagem + 15% FVA (90d)	59,90	16,10	0,025	76,00	65,27	0,998
Silagem de capim-elefante (110d)	44,71	19,94	0,018	64,65	49,99	0,995
Silagem + 5% FVA (110d)	45,44	19,03	0,030	64,47	52,58	0,997
Silagem + 10% FVA (110d)	51,03	13,24	0,036	64,27	56,57	0,993
Silagem + 15% FVA (110d)	56,64	14,05	0,025	70,69	61,32	0,997

Houve interação ($p<0,0001$) entre o tempo de incubação, o nível de inclusão do FVA e a idade de corte do capim-elefante sobre a degradabilidade da PB.

O desaparecimento da proteína bruta aumentou ($p < 0,0001$) para todos os níveis com o decorrer do tempo de incubação, no entanto, houve comportamento distinto entre as diferentes idades de corte do capim-elefante (Figura 27; 28 e 29). Maior degradabilidade foi observada para as silagens confeccionadas com capim cortado aos 70 dias.

A degradabilidade potencial (DP) da PB apresentou maior valor (76,00%) com a adição de 15% de FVA à silagem de capim-elefante cortado aos 90 dias de idade. Rezende et al. (2007), ao avaliarem a degradação ruminal de silagem de capim napier com adição de farelo de batata diversa, observaram valores de degradação potencial da PB de 74,57% no nível de 15% de inclusão do farelo de batata, sendo superior ao obtido no maior nível de inclusão do FVA.

A degradabilidade efetiva (DE) aumentou com a inclusão do FVA e diminuiu com o aumento da idade de corte do capim-elefante. O valor máximo (69,04%) foi obtido com 15,0% de inclusão do FVA à silagem de capim-elefante cortado aos 70 dias de idade. Martins et al. (1999), avaliando a degradabilidade efetiva da PB de silagem de milho e de sorgo, observaram valores de 70,40% e 67,90%, respectivamente, os quais foram ligeiramente superiores ao observado com a nível de inclusão de 15% do FVA ao capim cortado aos 70 dias de idade. Rezende et al. (2007), estudando a degradação ruminal de silagens de capim napier com inclusão de farelo da batata, observaram degradação efetiva da PB de 69,02% no o nível de inclusão de 10%, valor esse próximo ao observado no nível de 15% de inclusão do FVA.

$$\hat{Y}_0 = 48,75 + 10,27 (1 - e^{-0,016t}); R^2 = 0,982$$

$$\hat{Y}_5 = 54,15 + 7,87 (1 - e^{-0,020t}); R^2 = 0,997$$

$$\hat{Y}_{10} = 58,64 + 8,43 (1 - e^{-0,018t}); R^2 = 0,991$$

$$\hat{Y}_{15} = 64,15 + 10,86 (1 - e^{-0,041t}); R^2 = 0,985$$

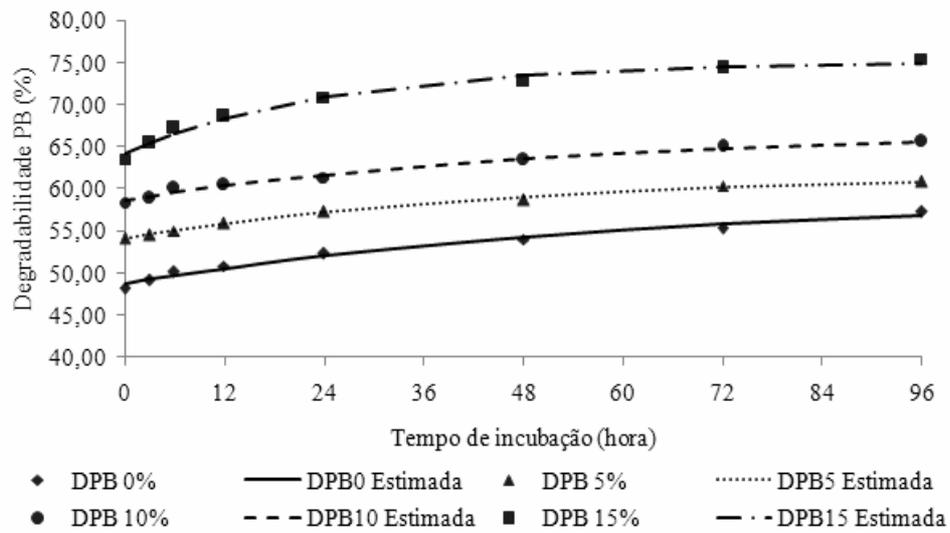


FIGURA 27 Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da PB da silagem de capim-elefante, cortada aos 70 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.

$$\hat{Y}_0 = 46,60 + 14,69 (1 - e^{-0,024t}); R^2 = 0,999$$

$$\hat{Y}_5 = 50,97 + 9,65 (1 - e^{-0,036t}); R^2 = 0,995$$

$$\hat{Y}_{10} = 56,66 + 8,75 (1 - e^{-0,033t}); R^2 = 0,995$$

$$\hat{Y}_{15} = 59,90 + 16,10 (1 - e^{-0,025t}); R^2 = 0,998$$

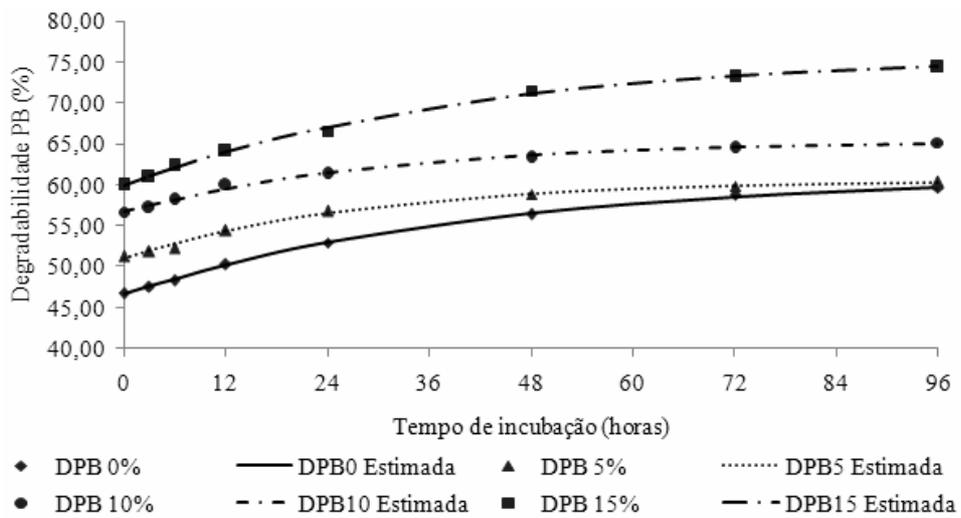


FIGURA 28 Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da PB da silagem de capim-elefante, cortada aos 90 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.

$$\hat{Y}_0 = 44,71 + 19,94 (1 - e^{-0,018t}); R^2 = 0,995$$

$$\hat{Y}_5 = 45,44 + 19,03 (1 - e^{-0,031t}); R^2 = 0,997$$

$$\hat{Y}_{10} = 51,03 + 13,24 (1 - e^{-0,036t}); R^2 = 0,993$$

$$\hat{Y}_{15} = 56,64 + 14,05 (1 - e^{-0,025t}); R^2 = 0,997$$

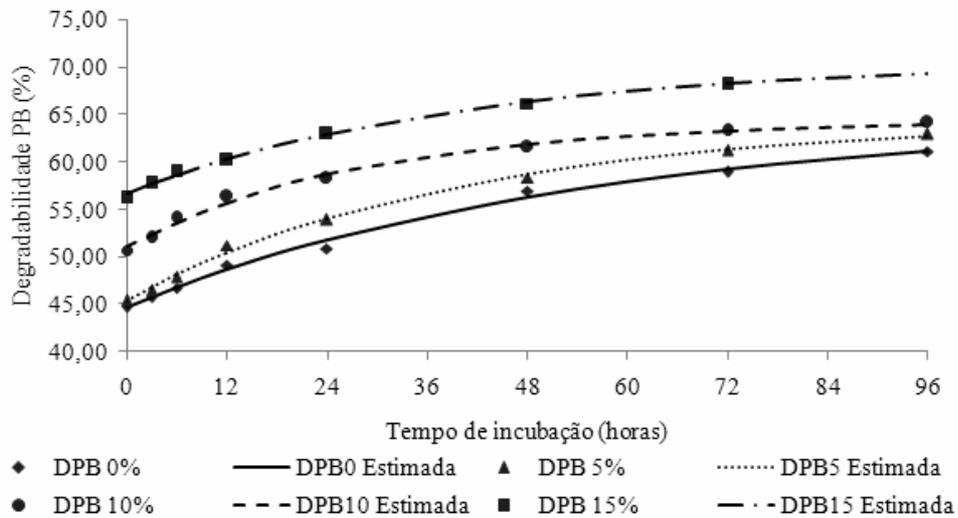


FIGURA 29 Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da PB da silagem de capim-elefante, cortada aos 110 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.

4.8 Cinética ruminal da fibra em detergente neutro

Os valores das frações solúvel (a) e insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração b (c), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE), da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante contendo níveis de inclusão do FVA nas diferentes idades de corte do capim e o coeficiente de determinação (R^2), são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 Valores médios dos coeficientes a (fração solúvel), b (fração insolúvel potencialmente degradável), c (taxa de degradação da fração b), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de capim-elefante cortada aos 70, 90 e 110 dias de idade contendo níveis de inclusão do FVA, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), considerando taxa de passagem (k) =0,05/hora.

Tratamentos	Coeficientes			Degradabilidade (%)		R^2
	a(%)	b(%)	c(%/h)	DP	DE	
Silagem de capim-elefante (70d)	8,68	37,90	0,032	46,58	23,47	0,988
Silagem + 5% FVA (70d)	7,63	45,99	0,028	53,62	24,14	0,985
Silagem + 10% FVA (70d)	11,57	46,27	0,024	57,84	26,58	0,986
Silagem + 15% FVA (70d)	13,40	51,65	0,018	65,05	27,07	0,999
Silagem de capim-elefante (90d)	5,84	52,63	0,016	58,47	18,60	0,997
Silagem + 5% FVA (90d)	7,04	44,22	0,026	51,26	22,17	0,990
Silagem + 10% FVA (90d)	10,85	48,45	0,018	59,30	23,68	0,993
Silagem + 15% FVA (90d)	15,65	43,56	0,018	59,21	27,18	0,987
Silagem de capim-elefante (110d)	4,64	41,42	0,024	46,02	18,07	0,987
Silagem + 5% FVA (110d)	6,03	36,92	0,030	42,95	19,88	0,989
Silagem + 10% FVA (110d)	7,81	49,75	0,014	57,56	18,69	0,995
Silagem + 15% FVA (110d)	10,77	38,65	0,030	49,42	25,26	0,986

Houve interação ($P<0,01$) entre o tempo de incubação, o nível de inclusão do FVA e a idade de corte do capim-elefante sobre a degradabilidade da FDN.

Observa-se que, com o aumento dos tempos de incubação, as porcentagens de desaparecimento da FDN dos tratamentos em estudo aumentaram efetivamente até 96 horas (Figura 30; 31 e 32).

A degradabilidade efetiva (DE) da FDN diminuiu com a idade de corte do capim-elefante. Alves Brito et al. (1999), estudando a anatomia quantitativa e a digestibilidade de tecidos em cultivares de capim-elefante, observaram diminuição na degradação dos tecidos presentes nas diferentes estruturas da planta à medida que aumentou a idade do capim. Esse comportamento é explicado pelo aumento na área ocupada pelo tecido lignificado que aumentou

com o crescimento da planta, tanto nas folhas quanto na fração colmo. Deschamps (1999), estudando a digestibilidade dos tecidos de cultivares de capim-elefante, também observou uma diminuição da digestibilidade com a ampliação do período de crescimento do capim; o autor justifica essa diminuição da digestibilidade pelo espessamento da parede celular e lignificação.

$$\hat{Y}_0 = 8,68 + 37,90 (1 - e^{-0,032t}); R^2 = 0,988$$

$$\hat{Y}_5 = 7,63 + 45,99 (1 - e^{-0,028t}); R^2 = 0,985$$

$$\hat{Y}_{10} = 11,57 + 46,27 (1 - e^{-0,024t}); R^2 = 0,986$$

$$\hat{Y}_{15} = 13,40 + 51,65 (1 - e^{-0,018t}); R^2 = 0,999$$

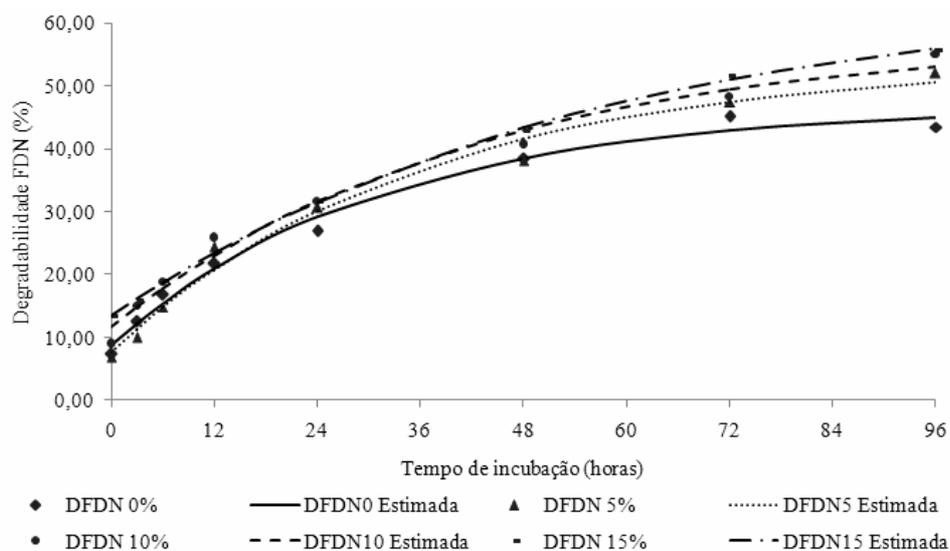


FIGURA 30 Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da FDN da silagem de capim-elefante, cortada aos 70 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.

$$\hat{Y}_0 = 5,81 + 52,63 (1 - e^{-0,016t}); R^2 = 0,997$$

$$\hat{Y}_5 = 7,04 + 44,22 (1 - e^{-0,026t}); R^2 = 0,990$$

$$\hat{Y}_{10} = 10,85 + 48,45 (1 - e^{-0,018t}); R^2 = 0,993$$

$$\hat{Y}_{15} = 15,65 + 43,56 (1 - e^{-0,018t}); R^2 = 0,987$$

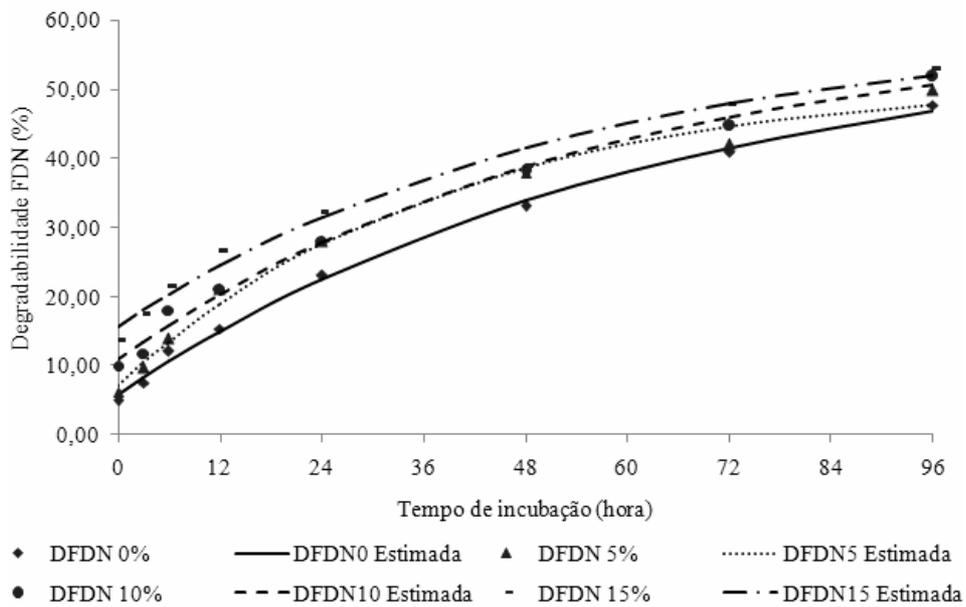


FIGURA 31 Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da FDN da silagem de capim-elefante, cortada aos 90 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.

$$\hat{Y}_0 = 4,64 + 41,42 (1 - e^{-0,024t}); R^2 = 0,987$$

$$\hat{Y}_5 = 6,03 + 36,92 (1 - e^{-0,030t}); R^2 = 0,989$$

$$\hat{Y}_{10} = 7,81 + 49,75 (1 - e^{-0,014t}); R^2 = 0,995$$

$$\hat{Y}_{15} = 10,77 + 38,65 (1 - e^{-0,030t}); R^2 = 0,986$$

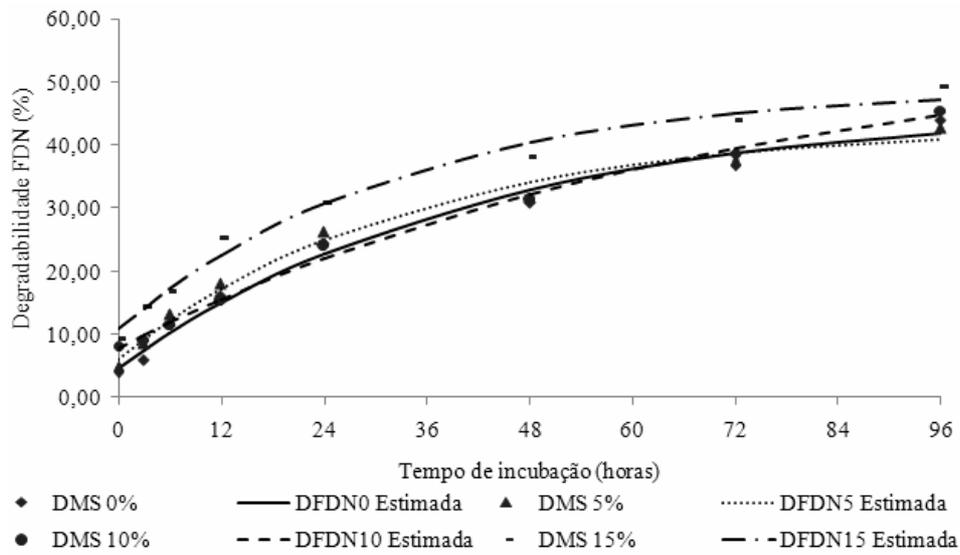


FIGURA 32 Efeito dos níveis de adição do FVA na degradabilidade da FDN da silagem de capim-elefante, cortada aos 110 dias de idade, nos diferentes tempos de incubação.

5 CONCLUSÕES

A inclusão do farelo da vagem de algaroba contribuiu para melhorar a composição química das silagens, aumentando os teores de proteína, diminuindo os teores de fibra e melhorando a digestibilidade.

Recomenda-se até 15% do farelo da vagem de algaroba à ensilagem de capim-elefante.

A disponibilidade do farelo da vagem de algaroba também deve ser considerada para a escolha do nível de adição a ser adotado em cada situação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, I. F.; GOMIDE, J. A. Curva de crescimento e valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) Taiwan A-146. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 18, n. 100, p. 431-437, 1971.

ANDRADE, J. B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem de capim-elefante: I. composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1859-1872, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 11. ed. Washington, DC, 1970. 1015 p.

AZEVEDO, G. F. Como e porque a algarobeira foi introduzida no Nordeste. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA, 1982, Natal, RN. **Anais...** Natal: EMPARN, 1982. p. 300-306. (Documentos, 7).

BARBOSA, H. P. **Valor nutritivo da algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) através de ensaio de digestibilidade em carneiros**. 1977. 48 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BARROS, N. A. M. T.; QUEIRÓZ FILHO, J. L. Efeitos na substituição progressiva do melaço por vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA, 1., 1982, Natal. **Anais...** Natal: EMPARN, 1982. p. 385-407.

BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; SOUZA, I. S.; LIRA, K. G.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. Efeitos da adição de vagens de algaroba sobre a composição química e a microbiota fúngica de silagens de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 1-6, 2006.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583 p.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R.; ROCHA, F. C. Produção e características do efluente e composição da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 2185-2291, 2005.

BRAGA, A. P.; RIBEIRO, H. U.; BARRA, S. B. Composição químico-bromatológica das silagens de capim-elefante cv. Cameron, em cinco idades de corte. **Caatinga**, Mossoró, v. 14, n. 1/2, p. 17-23, 2001.

BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. Anatomia quantitativa e degradação *in vitro* de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 223-229, 1999.

CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1495-1501, 2007.

CARVALHO, L. A. *Pennisetum purpureum*, Schumacher: revisão. Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, 1985. 86 p. (Boletim de pesquisa, 10).

CATCHAPOOLE, V. R.; HENZEL, E. F. Silage and silage-making from tropical herbage species. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v. 41, n. 3, p. 213-221, 1971.

DERESZ, F. Manejo de pastagem de capim-elefante para produção de leite e carne. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Coronel Pacheco: Embrapa, 1994. p. 116-137.

DERESZ, F. Produção de leite de vacas mestiças holandês x zebu em pastagem de capim-elefante, manejada em sistema rotativo com e sem suplementação durante a época das chuvas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 197-204, 2001.

DESCHAMPS, F. C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 1358-1369, 1999.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4. 6 – Sistema de Análise Estatísticas**. Lavras: UFLA, 2003. Software.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurchecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 1424-1431, 2001.

FIGUEIREIDO, L. J. C.; RIBEIRO FILHO, J. D.; SIMÕES, S. V. D.; MENEZES, R.; LEITE, R. M. B.; LIMA, N. A. Aspectos clínicos da intoxicação experimental de bovinos pela algaroba (*Prosopis* sp.). In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 5., 1994, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Nacional de Produção Animal, 1994. p. 172.

GOMES, P. **A algarobeira**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, 1961. 49 p. (Serie SIA, 865).

GOMIDE, J. A. Formação e utilização de capineiras de capim-elefante. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. A. (Ed.). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, 1994. p. 81-115.

GONÇALVES, J. S.; NEIVA, J. N. M.; VIEIRA, N. F. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de diferentes níveis dos subprodutos do processamento de acerola (*Malpighia glabra* L.) e de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n. 1, p. 131-137, 2004.

HABERMEHL, G. G. Plant toxins. **Toxicon**, v. 34, n. 2, p. 298, 1996.

HALL, M. B. Recent advanced in non-ndf carbohydrates for the nutrition of lactating cows. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 139-148.

JACQUES, A. V. A. Fisiologia do crescimento do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Coronel Pacheco. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1990. p. 23-33.

JACQUES, A. V. A. Caracteres morfo-fisiológicos e suas implicações com o manejo. In: CARVALHO, M. M.; ALVIN, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. A. (Ed.). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1994. p. 31-47.

JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2774-2790, 1995.

KEARNEY, P. C.; KENNEDY, W. K. Relation ship between lasses of fermentable sugars and changes in organic acids of silage. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, n. 2, p. 114-115, 1962.

LAETSCH, W. M. The C4 syndrome: a structural analysis. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 25, p. 27-52, 1974.

LAVEZZO, W.; GUTIERREZ, L. C.; SILVEIRA, A. C.; MENDES, O. E. N.; GONÇALVES, D. A. Utilização do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), cultivares Mineiro e Vruckwona, como plantas para ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 163-176, 1983.

LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O. E. N. M.; BONASSI, I. A.; BASSO, L. C. Efeitos do emurhecimento, formol e ácido fórmico e solução de “VIHER” sobre a qualidade de silagens de capim-elefante, cultivares Mineiros e Vruckwona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 125-134, 1990.

LIMA, P. C. F. Produção de vagens de algaroba. **Revista da Associação Brasileira de Algaroba**, Mossoró, v. 1, n. 2, p. 151-170, 1987.

LIMA, P. C. F. **Espécies vegetais exóticas com potencialidade para o semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Semi-Árido, 2005. 340 p.

LINDBERG, J. E. Estimation of rúmen degradability feed proteins with the *in sacco* technique and various *in vitro* methods: A review. **Acta Agriculture Scandinavian Supplement**, Scandinavian, v. 25, p. 64-97, 1985.

LOBO, J. R. **Avaliação da idade de corte e do uso de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e estabilidade aeróbica da silagem de capim-elefante**. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade de São Paulo, Pirassununga.

MARTINS, A. de S.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N. do; MARTINS, E. N.; LOYOLA, V. R. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 1109-1117, 1999.

McCULLOUGH, M. E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, Mineapolis, v. 13, n. 49, p. 49-52, 1977.

- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: J. Willey & Sons, 1981. 226 p.
- MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen.. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.
- MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 1/2, p. 107-124, 1994.
- MORAIS, J. P. G. Silagem de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 89-85.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington, DC: National Academy Science, 1996. 242 p.
- NELSON, C. J.; MOSER, L. E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JUNIOR, G. R. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p. 115-154.
- NOBRE, F. V. **Algaroba na alimentação de vacas em lactação**. 1982. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Amsterdam, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.
- OLIVEIRA, F. X. **Impactos da invasão da Algaroba – *Prosopis juliflora* (sw.) DC. – sobre o componente arbustivo-arbóreo da caatinga nas microrregiões do Curimataú e do Seridó nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- ØRSKOV, E. R. **Protein nutrition in ruminants**. London: Academic, 1982. 160 p.
- ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 92, p. 499-503, 1979.

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

RESENDE, F. D.; QUEIROZ, A. C.; FONTES, C. A. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 366-376, 1994.

REZENDE, A. V.; EVANGELISTA, A. R.; BARCELOS, A. F. Efeito da mistura da planta de girassol (*Helianthus annuus* L.), durante a ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no valor nutritivo da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1938-1943, 2002.

REZENDE, A. V.; RODRIGUES, R.; BARCELOS, A. F. Qualidade bromatológica das silagens de capim-elefante aditivadas com raspa de batata. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 604-610, mar./abr. 2008.

REZENDE, V. M.; PAIVA, P. C. A.; BARCELOS, A. F. Degradabilidade ruminal das silagens de capim-napier produzidas com diferentes níveis de farelo de “batata diversa”. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 485-491, 2007.

RIBEIRO FILHO, E. **Degradabilidade “in situ” da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) da casca de café (Coffea arábica, L.) e desempenho de novilhos mestiços em fase de recria.** Lavras: UFLA, 1998. 56 p.

SAMPAIO, I. B. M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p. 81-88.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM – SAS. **SAS/STAT 1999-2001 User’s guide:** statistics. version 8. Cary, 2001. v. 2.

SAVIAN, T. V.; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H.; BANYS, V. L.; FERREIRA, D. F. Degradability study of neutral detergent fiber of coast cross (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfunensis*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1184-1190, 2007.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 165 p.

SILVA, D. S.; LEITÃO, S. C.; OLIVEIRA FILHO, J. J. Substituição do farelo de trigo (*Triticum vulgare Komarnitzky*) pelo fruto triturado da algarobeira (*Prosopis juliflora* (S.w.) D.C.). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA, 1., 1982, Natal, RN. **Anais...** Natal: EMPARN, 1982. p. 361-379.

SILVA, P. A.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; DETMANN, E.; PAIXÃO, M. L. Valor energético do capim-elefante em diferentes idades de rebrota e estimativa da digestibilidade in vivo da fibra em detergente neutro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 771-718, 2007.

SILVA, S. A.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M.; ALENCAR, A. L. S.; PRASAD, S.; CARVALHO, J. M. O. Estudo termogravimétrico e calorimétrico da algaroba. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 24, p. 460-464, 2001.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; SOEST, P. J. van. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

SOEST, P. J. van. Symposium on factors influencing the composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 24, n. 3, p. 834-843, 1965.

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

SOEST, P. J. van.; WINER, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal Association Official Agronomy Chemistry**, v. 51, p. 780-785, 1968.

STEIN, R. B. S.; TOLEDO, L. R. A.; ALMEIDA, F. Q. Uso do farelo de vagem de algaroba (*Prosopis juliflora* (Swartz)D.C.) em dietas para eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1240-1247, 2005.

TALPADA, P. M.; SHUKLA, P. C. Influence of feeding *Prosopis juliflora* pods on digestibility and balances in lactantes cows. **Indian Journal of Animal Science**, New Delhi, v. 58, n. 6, p. 727-730, 1988.

TELES, M. M. **Características fermentativas e valor nutritivo de silagens de capim-elefante contendo subprodutos do urucum, caju e manga**. 2006. 130 f. Tese (Doutorado em Zootenia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

TOSI, H.; FARIA, V. P.; GUTIERREZ, L. E.; SILVEIRA, A. C. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Taiwan A-148, como planta para ensilagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 295-299, 1983.

TOSI, H.; OLIVEIRA, M. D. S.; BONASSI, I. A. Avaliação da ensilagem da alfafa sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 305-311, 1994.

TOSI, P.; MATTOS, W. R. S.; TOSI, H. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Taiwan A-148, ensilado com diferentes técnicas de redução de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 947-954, 1999.

VALADARES FILHO, S. C. Utilização da técnica *in situ* para a avaliação dos alimentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p. 95-118.

VALADARES FILHO, S. C. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 329 p.

VAREL, V. H.; KREIKEMEIER, K. K. Technical note: comparison of *in vitro* and *in situ* digestibility methods. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 578, 1995.

VILELA, D. **Sistemas de conservação de forragem 1: silagem**. Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, 1985. 42 p. (Boletim de pesquisa, 11).

VILELA, D. **Avaliação nutricional da silage de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) submetidos a emurchecimento e adição de uréia na ensilagem**. 1989. 186 f. Tese (Doutorado em Zootecnia/Forragicultura) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: CAPIM-ELEFANTE, PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO, 2., 1997, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa, 1997. p. 79-112.

VILELA, G. L. **Degradabilidade in situ da matéria seca e da proteína bruta de vários alimentos em vacas alimentadas com diferentes rações.** 1994. 68 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WILSON, J. R. Structural and anatomical traits of forage influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 173-208.

ZANINE, A.M.; SANTOS, D.J.; FERREIRA, DJ.; OLIVEIRA, J.S.; ALMEIDA, J.C.C.; PEREIRA, O.G.; Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo do trigo. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 55 n. 209, p. 75-84. 2006.

ANEXOS

ANEXO A	Páginas
TABELA 1A	Resumo das análises de variância dos valores de MS e PB em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA 78
TABELA 2A	Resumo das análises de variância dos valores de EE e MM em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA 78
TABELA 3A	Resumo das análises de variância dos valores de FDN e FDA em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA 78
TABELA 4A	Resumo da análise de variância dos valores de HEM em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA 79
TABELA 5A	Resumo das análises de variância dos valores de CT e CNF em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA 79
TABELA 6A	Resumo da análise de variância dos valores de pH das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA..... 79
TABELA 7A	Resumo das análises de variância dos valores de DIVMS em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA 80
TABELA 8A	Resumo da análise de variância dos valores de degradabilidade da MS em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA 80
TABELA 9A	Resumo da análise de variância dos valores de Degradabilidade da FDN em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA..... 81
TABELA 10A	Resumo da análise de variância dos valores de Degradabilidade da PB em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA 81

TABELA 1A Resumo das análises de variância dos valores de MS e PB em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM	
		MS	PB
Tratamento (níveis)	3	163,5505($p<0,0001$)	14,5623($p<0,0001$)
Idade	2	33,107277($p<0,0001$)	2,288358($p=0,0176$)
Tratamento * Idade	6	0,4382($p=0,6123$)	0,105622($p=0,9028$)
Erro	36	0,5799	0,2983
CV (%)		3,09	6,62

TABELA 2A Resumo das análises de variância dos valores de EE e MM em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM	
		EE	MM
Tratamento (níveis)	3	0,2511($p<0,0001$)	7,8917($p<0,0001$)
Idade	2	0,8027($p<0,0001$)	10,0883($p<0,0001$)
Tratamento * Idade	6	0,0904($p=0,0251$)	0,280616($p=0,0049$)
Erro	36	0,0325	0,0739
CV (%)		5,54	3,25

TABELA 3A Resumo das análises de variância dos valores de FDN e FDA em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM	
		FDN	FDA
Tratamento (níveis)	3	129,9316($p<0,0001$)	110,4163($p<0,0001$)
Idade	2	61,8708($p<0,0001$)	16,0461($p<0,0001$)
Tratamento * Idade	6	2,3598($p=0,1209$)	1,7291($p=0,0416$)
Erro	36	1,2900	0,6985
CV (%)		1,67	1,97

TABELA 4A Resumo da análise de variância dos valores de HEM em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM
		HCEL
Tratamento (níveis)	3	0,8090($p=0,6539$)
Idade	2	16,8147($p<0,0001$)
Tratamento * Idade	6	0,1729($p=0,9938$)
Erro	36	1,4813
CV (%)		4,72

TABELA 5A Resumo das análises de variância dos valores de CT e CNF em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM	
		CT	CNF
		Tratamento (níveis)	3
Idade	2	0,9344($p=0,1177$)	74,3731($p<0,0001$)
Tratamento * Idade	6	0,3734($p=0,5003$)	1,75676($p=0,4353$)
Erro	36	0,4113	1,7423
CV (%)		0,80	11,01

TABELA 6A Resumo da análise de variância dos valores de pH das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM
		pH
Tratamento (níveis)	3	0,0043($p<0,0001$)
Idade	2	0,1662($p<0,0001$)
Tratamento * Idade	6	0,0035($p<0,0001$)
Erro	36	0,0001
CV (%)		0,30

TABELA 7A Resumo das análises de variância dos valores de DIVMS em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM
		DIVMS
Tratamento (níveis)	3	111,8306($p < 0,0001$)
Idade	2	420,5210($p < 0,0001$)
Tratamento * Idade	6	5,5619($p < 0,0001$)
Erro	36	1,2174
CV (%)		1,82

TABELA 8A Resumo da análise de variância dos valores de degradabilidade da MS em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM
		Degradabilidade da MS
Tratamento (níveis)	3	767,2255($p < 0,0001$)
Idade	2	352,4708($p < 0,0001$)
Tratamento * Idade	6	7,3992($p < 0,0001$)
Vaca	1	13,8084($p < 0,0001$)
Erro 1	11	1,3464
Tempo	7	5593,8159($p < 0,0001$)
Tempo*Tratamento	21	13,1475($p < 0,0001$)
Tempo*Idade	14	6,3977($p < 0,0001$)
Tempo*Tratamento*Idade	42	2,3464($p = 0,0635$)
Erro 2	84	1,5825
Total corrigido	191	
CV 1 (%)		2,88
CV 2 (%)		3,12

TABELA 9A Resumo da análise de variância dos valores de Degradabilidade da FDN em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM
		Degradabilidade da FDN
Tratamento (níveis)	3	374,8357($p<0,0001$)
Idade	2	464,7741($p<0,0001$)
Tratamento * Idade	6	21,2968($p=0,0118$)
Vaca	1	3,2110($p<0,0001$)
Erro 1	11	4,4029
Tempo	7	5627,7013($p<0,0001$)
Tempo*Tratamento	21	2,8429($p<0,0001$)
Tempo*Idade	14	10,8956($p<0,0001$)
Tempo*Tratamento*Idade	42	3,9722($p<0,0001$)
Erro 2	84	0,9695
Total corrigido	191	
CV 1 (%)		7,82
CV 2 (%)		3,67

TABELA 10A Resumo da análise de variância dos valores de Degradabilidade da PB em porcentagem das silagens de capim-elefante adicionadas de FVA

FV	GL	QM
		Degradabilidade da PB
Tratamento (níveis)	3	1797,5855($p<0,0001$)
Idade	2	249,1885($p<0,0001$)
Tratamento * Idade	6	32,6064($p<0,0001$)
Vaca	1	0,0765($p=0,9117$)
Erro 1	11	5,9279
Tempo	7	481,9298($p<0,0001$)
Tempo*Tratamento	21	2,4491($p<0,0001$)
Tempo*Idade	14	14,2872($p<0,0001$)
Tempo*Tratamento*Idade	42	1,9695($p<0,0001$)
Erro 2	84	0,2593
Total corrigido	191	
CV 1 (%)		4,16
CV 2 (%)		0,87