

Diferentes níveis de torta de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) como aditivo na silagem de capim elefante

R Patiño Pardo, E H Castello Branco van Cleef*, J C da Silva Filho**, P Castro Neto** e A P Neiva Júnior***

*Universidade de Sucre, Sincelejo (Colômbia). Faculdade de Ciências Agropecuárias. Departamento de Zootecnia
Universidade Federal de Lavras – MG (Brasil)*

re_patino@yahoo.com

**Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP*

***Universidade Federal de Lavras, Departamento de Zootecnia e Departamento de Engenharia*

****Departamento de Zootecnia Universidade Federal de Lavras – MG (Brasil)*

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da inclusão de diferentes níveis de torta de nabo forrageiro (TNF) sobre a composição nutricional, digestibilidade e a qualidade da silagem de capim elefante. Devido à qualidade do óleo extraído dos grãos, o nabo forrageiro vem sendo considerado como opção importante de cultura para a indústria do biodiesel no Brasil. A torta de nabo forrageiro é obtida a partir da prensagem mecânica das sementes para a obtenção do óleo, e se diferencia do farelo pelo conteúdo de gordura, que no farelo é inferior a 1%, devido ao uso de solventes na extração.

Foram utilizados silos experimentais em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 3 (dois tipos de material e quatro níveis de inclusão de torta). Os dois materiais foram representados pelo material original (não ensilado) e o material ensilado, sendo os níveis de inclusão 0, 3, 6, e 9%, em relação à matéria original. Em todos os materiais foram determinados os valores de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio indigestível em detergente neutro (NIDN), nitrogênio indigestível em detergente ácido (NIDA), matéria mineral (MM), lignina (LIG), poder tampão (PT), cálcio (Ca), fósforo (P) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Nas silagens foram determinados, também, o pH e o nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

Houve efeito dos níveis de inclusão da TNF e do tipo de material sobre os teores de MS, PB, FDA, MM, NIDA, P e DIVMS. A interação dos dois fatores foi observada nas variáveis PB, FDN, FDA, NIDA, Ca e DIVMS. O processo de ensilagem promoveu queda nos teores de MS, e estes foram incrementados linearmente conforme o aumento nos níveis de inclusão de TNF. Os componentes fibrosos, incluídos NIDN e NIDA, diminuíram, linearmente conforme foi aumentada a inclusão de TNF. Em todos os tratamentos obtiveram-se valores médios de pH e de N-NH₃ considerados ideais para obtenção de uma boa silagem. A DIVMS foi diminuída linearmente conforme aumentou a inclusão de TNF. A correlação negativa (-0,95) entre a DIVMS e o teor de EE pode explicar o comportamento desta variável, devido ao fato do teor de EE ter aumentado linearmente com a adição da TNF. A adição de TNF como aditivo na silagem de capim elefante promoveu queda na DIVMS.

Considerando as mudanças observadas na composição química e digestibilidade da silagem de capim elefante aditivada com a TNF sugere-se que esta não deveria ser incluída em níveis superiores a 3%. De outra parte, a TNF proporcionou características fermentativas adequadas à silagem de capim elefante.

Palavras chave: biodiesel, digestibilidade, nabo forrageiro, silagem

Different levels of turnip (*Raphanus sativus*) cake as additive in elephant grass silage

Abstract

The aim of the study was to evaluate the effects of the inclusion of different levels of turnip cake (TNF) on the chemical composition, digestibility and quality of elephant grass silage. Due to the quality of the oil extracted from the seeds, the turnip is being considered as an important option for the biodiesel industry in Brazil. The turnip cake is obtained from the mechanical pressing of the seeds to produce oil, and it differs from the meal by the content of fat. In the meal the fat is less than 1%, due to the use of solvents for the oil extraction.

Experimental silos were used in a completely randomized design, in factorial arrangement 2 x 3 (two types of material and four levels of inclusion). The materials were represented for original material (fresh) and ensiled material, with four levels of inclusion of TNF (0, 3, 6, and 9%). Dry matter (DM), ether extract (EE), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), nitrogen indigestible neutral detergent (NIDN), nitrogen indigestible acid detergent (NIDA), ash (MM), lignin (LIG), buffer power (PT), calcium (Ca), phosphorus (P) and in vitro dry matter digestibility (IVDDM) were determined in all materials. In silage, additionally, were determined pH and amoniacal nitrogen (NH₃-N).

There were effects of inclusion of TNF and the type of material on the DM, CP, ADF, NIDA, P, and MM contents and on IVDDM. The interaction of the two factors was observed to the contents of CP, NDF, ADF, NIDA, Ca and IVDDM. In silage, the DM levels were lower ($P < 0.05$) than in original material. The values of DM were increased linearly as increased levels of inclusion of TNF. The fibrous components, including NIDN and NIDA, decreased linearly when the TNF increased. In all treatments, values of pH and N-NH₃ considered ideal for good silage were observed. The IVDDM was reduced, linearly, with the addition of increasing levels of TNF. A negative correlation (-0.95) between IVDDM and content of EE may explain the tendency of this variable, due to the EE content increased linearly with the addition of TNF. The addition of TNF as an additive in silage of elephant diminished IVDDM.

Considering the changes observed in the chemical composition and digestibility of elephant grass silage with TNF as additive, suggests that this should not be included at levels exceeding 3%. On the other hand, the silages with TNF as additive showed appropriate fermentation characteristics.

Key words: biofuel, digestibility, silage, tumip

Introdução

Quando os animais são submetidos a forragens de qualidade mediana à baixa, a suplementação de proteína e/ou energia é necessária para promover um incremento, tanto na eficiência de utilização da forragem quanto no desempenho dos animais. A utilização de co-produtos agroindustriais na alimentação animal nos trópicos está se tornando uma prática comum, especialmente na estação mais seca do ano, quando a disponibilidade e a qualidade das forragens são baixas. Esses alimentos alternativos estão sendo avaliados e considerados, principalmente, pelo seu potencial como fontes de energia e proteína. Além disso, a necessidade de diminuir os custos de produção da atividade pecuária aliada à necessidade de se obter um destino ambientalmente correto a estes co-produtos tem despertado o interesse de vários pesquisadores em estudar a viabilidade de uso dessas fontes alimentares alternativas.

Segundo Prado e Moreira (2002), o Brasil possui grande quantidade de co-produtos da agricultura e da agroindústria com potencial de uso na alimentação de ruminantes. Um desses co-produtos, da indústria do biodiesel, é a torta de nabo forrageiro que, de acordo com Wilhelm et al (2006), apresenta um alto valor de mercado, porque além de ser isenta de resíduos de solvente, tem um elevado teor de proteínas e gordura.

O nabo forrageiro é uma planta oleaginosa que pertence à família Brassicaceae ou Cruciferae. Esta planta de ciclo anual tem sido utilizada como adubo verde no inverno, na rotação de culturas, na produção de óleo, a partir das sementes, e na alimentação animal, incluída a indústria apícola. A planta de nabo forrageiro possui rusticidade, resistência às mudanças climáticas e boa capacidade de reciclagem de nitrogênio e fósforo. Pelas anteriores vantagens e devido à qualidade do óleo extraído dos grãos, esta planta vem sendo considerada como uma opção importante de cultura na região centro-sul do Brasil. A produção da massa verde flutua entre 22 a 35 ton/ha e a de grãos (com 27 a 42% de óleo) entre 0,5 e 1,5 ton/ha (Brasi et al 2008).

A torta de nabo forrageiro é obtida a partir da prensagem artesanal ou industrial dos grãos ou sementes da planta para a obtenção do óleo e se diferencia do farelo pelo conteúdo de gordura, que no farelo é inferior a 1%, devido a que no processo de extração do óleo são usados solventes. Além da torta e do farelo, a parte aérea da planta (fresca o como resíduo de colheita) também pode ser usada na alimentação de ruminantes (Mello et al 2008).

No Brasil, vários grupos de pesquisa de diferentes instituições têm avaliado vários co-produtos da indústria do biodiesel como recursos alimentícios para animais de várias espécies. Na maioria dos casos, devido a suas características químicas, estes alimentos entram na ração como constituinte do alimento concentrado, substituindo total o parcialmente algum ingrediente, como por exemplo, o farelo de soja, objetivando reduzir o custo da ração sem afetar adversamente o desempenho animal. O uso destes co-produtos como aditivos na confecção de silagens na alimentação de ruminantes é menos comum, porém, não menos interessante, já que poderia ser melhorada a qualidade nutricional da silagem, principalmente quando são ensiladas gramíneas com baixos teores de carboidratos solúveis e de proteína bruta.

O capim napier (*Pennisetum purpureum* Schun), amplamente difundido por quase todo o Brasil central, apresenta importante característica de alta produtividade por ha/ano. No entanto, a maior parte da produção concentra-se na época chuvosa, quando a abundância de pasto dispensa o fornecimento de verde picado aos bovinos. Por isso, tem sido pesquisada a sua conservação na forma de silagem, incluindo tratamentos prévios que beneficiariam a qualidade da silagem resultante (Ferreira 1973). Entre as alternativas de suplementação com volumosos para bovinos no período da seca, em que a pastagem é escassa e apresenta baixo valor nutritivo, a silagem constitui um dos métodos mais importantes de conservação de forragem (Lima 1992).

O principal objetivo na conservação de plantas forrageiras, sob fermentação natural, é alcançar condições de anaerobiose, minimizando perdas de nutrientes e evitando mudanças adversas na composição química da planta. Além disso, é necessário o adequado aporte de substrato na forma de carboidratos solúveis para suprir as bactérias lácticas (McDonald et al 1991).

Segundo Lima (1992), as principais limitações na ensilagem do capim-elefante são a alta umidade e os baixos teores de carboidratos solúveis e de proteína bruta, porém, para minimizar esses problemas podem ser utilizados aditivos.

A qualidade da silagem também depende do poder tampão do material a ser ensilado, sendo que, quanto maior o poder tampão, mais ácido deve ser produzido para abaixar o pH até níveis satisfatórios, para inibição das bactérias do gênero *Clostridium* (McDonald et al 1991).

Teve-se por objetivo nesse trabalho avaliar o efeito da adição de diferentes níveis (3, 6 e 9%) de torta de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) sobre a qualidade nutricional e a digestibilidade da silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum).

Material e métodos

Localização e condições climáticas

O trabalho foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras, sul de Minas Gerais, posicionada a 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 918m.

Tratamentos

Quatro níveis de inclusão (0, 3, 6 e 9%, em relação à matéria original) de torta de nabo forrageiro (TNF) como aditivo na silagem de capim elefante foram avaliados. Os mesmos níveis de TNF foram estudados também no material original (torta mais capim elefante sem ensilar), conformando em total oito combinações. O capim elefante foi obtido de uma área já estabelecida, sendo cortado 50 dias após a última colheita, no final do período das chuvas.

Para a confecção das silagens foi utilizada TNF resultante da extração “a frio” de óleo para a produção de biodiesel. A extração foi feita com a utilização de uma miniprensa mecânica, de aço inoxidável, modelo MPE-40 da Ecirtec LTDA, com capacidade para extração de 40 kg/h.

Preparo da silagem

O capim elefante foi picado em picadeira eletromecânica, antes de ser ensilado. Já a torta de nabo forrageiro não sofreu nenhum tipo de pré-processamento. A torta foi pesada e misturada manualmente ao capim elefante. Posteriormente, o material foi ensilado em silos de PVC adaptados com válvula tipo Bunsen, com diâmetro de 10 cm e altura de 60 cm, e com capacidade aproximada de quatro quilos de silagem.

A compactação da massa ensilada foi realizada manualmente com barra de ferro e madeira e, após a total compactação, os silos foram fechados, vedados com fita adesiva, identificados com etiquetas e acondicionados em local sob proteção da luz solar e chuva.

Foram retiradas amostras de cada resíduo isoladamente, bem como de cada tratamento antes da ensilagem, sendo que parte foi conservada em congelador (-20°C) e outra foi para a estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, moída e armazenada em potes plásticos para análises posteriores.

Condução do experimento

O material permaneceu ensilado por 62 dias. Após esse período, os silos foram abertos e três amostras de cada um foram retiradas, tomando-se o cuidado em desprezar as partes superiores e inferiores do material ensilado. Dessas amostras, uma foi pesada e seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e as outras foram colocadas em sacos plásticos devidamente identificados e guardadas em congelador (-20°C).

Uma amostra adicional de 250g de cada tratamento foi tomada para a extração do suco da silagem para a determinação do pH e nitrogênio amoniacal.

Análises químicas

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, MG. As amostras secas foram moídas em moinho do tipo Wiley, com peneira de 1 mm, armazenadas em potes plásticos devidamente identificados e encaminhadas ao laboratório. Os materiais foram analisados antes da ensilagem e nas silagens prontas, tendo sido realizadas determinações dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) conforme recomendações da AOAC (1990).

Matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e lignina (LIG) foram determinados segundo procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002). O teor de matéria orgânica (MO) foi calculado pela diferença entre o teor de MS e de MM. O teor de nitrogênio amoniacal no suco da silagem foi obtido de acordo com Tosi (1973). As medidas do pH foram feitas com o uso de potenciômetro (Silva e Queiroz 2002).

A digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) foi determinada segundo técnica descrita por Tilley e Terry (1963). As determinações do poder tampão foram realizadas utilizando-se amostras do material original, de acordo com a técnica descrita por Playne e McDonald (1966). O fósforo foi determinado por colorimetria (Sarruge e Haag 1974) e o cálcio através de espectrometria de absorção atômica (Zagatto et al 1979).

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em que os tratamentos estavam arranjos segundo um esquema fatorial 2 x 4 (dois tipos de material: original e ensilado, e 4 níveis de inclusão de torta: 0, 3, 6 e 9% em relação à matéria original).

As análises para as variáveis MS, PB, EE, MM, FDN, FDA, LIG e DIVMS seguiram o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + t_i + n_j + tn_{ij} + e_{ijk}$$

Onde:

y_{ijk} = é o valor da variável dependente

μ = média geral

t_i = efeito do tipo de material (original ou ensilado) i

n_j = efeito do nível de inclusão j de torta de nabo forrageiro

tn_{ij} = efeito da interação entre o tipo de material i e o nível de inclusão j

e_{ijk} = erro experimental

As análises das variáveis pH e nitrogênio amoniacal foram feitas só no material ensilado e o poder tampão no material original, por tanto, o modelo estatístico para estas variáveis considera só um fator principal e não considera interações.

Os dados obtidos para os dois tipos de material (original e ensilado) nos diferentes níveis de inclusão foram submetidos à análise de variância utilizando rotinas do software SPSS 12.0 para Windows. A comparação das médias dentro de cada

tipo de material, nos diferentes níveis de inclusão de torta de nabo, foi feita utilizando o teste de Tukey com um nível de significância de 5%.

Os dados referentes ao estudo dos níveis de inclusão de torta de nabo forrageiro como aditivo na silagem foram submetidos, também, a análise de regressão e correlação usando o programa SPSS 12 para Windows.

Resultados e discussão

Os valores médios da composição nutricional e da digestibilidade *in vitro* da torta de nabo forrageiro e do capim elefante (nível de inclusão 0 no material original) podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição nutricional (% na base seca) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens e do material original com diferentes proporções de torta de nabo forrageiro

Variável	Torta	Material original				Silagem				Valor de P ¹			EPM ²
		Inclusão de torta, %				Inclusão de torta %				Mat	Niv	N*M	
		0	3	6	9	0	3	6	9				
MS	92,8	21,3 ^a	23,9 ^{ab}	27,3 ^b	34,4 ^c	22,1 ^a	22,0 ^a	25,7 ^b	27,6 ^b	**	**	ns	0,88
PB	31,6	6,7 ^a	12,0 ^b	13,8 ^c	16,6 ^d	7,0 ^a	10,1 ^b	10,6 ^b	12,1 ^c	**	**	**	0,65
EE	26,0	4,8 ^a	6,5 ^b	8,2 ^c	11,2 ^d	4,2 ^a	7,1 ^b	8,9 ^b	11,4 ^c	**	ns	ns	0,53
MM	8,2	13,9 ^a	13,3 ^{ab}	13,5 ^{ab}	13,1 ^c	13,5 ^a	13,5 ^a	13,3 ^a	12,4 ^b	**	*	ns	0,90
FDN	21,7	77,6 ^a	60,2 ^a	56,1 ^b	47,9 ^c	71,7 ^a	62,3 ^b	59,3 ^c	52,2 ^d	**	ns	**	1,92
FDA	13,7	49,3 ^a	38,8 ^b	38,1 ^b	28,6 ^c	47,4 ^a	42,0 ^b	38,6 ^b	33,7 ^c	**	**	**	1,34
NIDN ³	32,4	36,4 ^a	26,9 ^b	25,8 ^b	22,1 ^b	31,4 ^a	28,3 ^{ab}	27,6 ^{ab}	22,1 ^c	**	ns	ns	1,01
NIDA ³	24,4	17,8 ^a	8,1 ^b	8,3 ^b	8,4 ^b	10,7 ^a	9,1 ^{ab}	8,7 ^{ab}	6,9 ^c	**	**	**	0,68
LIG	3,7	9,7 ^a	9,7 ^a	8,5 ^a	7,7 ^b	9,3 ^a	8,8 ^a	8,2 ^a	7,1 ^b	**	ns	ns	0,24
DIVMS	66,6	55,2 ^a	51,6 ^b	49,1 ^c	48,4 ^c	49,4 ^a	45,2 ^b	45,0 ^b	41,1 ^c	**	**	*	0,86
Ca	0,31	0,27 ^a	0,31 ^b	0,31 ^b	0,35 ^c	0,3 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	**	ns	**	0,05
P	0,67	0,27 ^a	0,37 ^b	0,43 ^c	0,48 ^d	0,24 ^a	0,36 ^b	0,41 ^b	0,43 ^b	**	**	ns	0,02

a, b, c, d, Médias com letras diferentes nas linhas são estatisticamente diferentes segundo o test Tukey ($P < 0.05$)

¹ * Efeito significativo com valor $P < 0.05$, ** efeito significativo com valor $P < 0.01$, ^{ns} não significativo, dos fatores tipo de material (Mat), nível (Niv) e a interação destes dois fatores (Mat*Niv)

² Erro padrão da média de tratamento

³ Como porcentagem do nitrogênio total

A elevada concentração de EE na TNF foi devida à ineficiência do processo de extração mecânica do óleo. Trabalhando com tortas de mamona e amendoim, Evangelista et al (2004) encontraram valor médio de 21,44% de EE. Esses autores, comparando diferentes métodos de extração do óleo (por solvente e mecânica), concluíram que o método de extração mecânica foi o menos eficiente.

Tanto, o tipo de material como os níveis de inclusão de TNF afetaram o teor de MS ($P < 0.05$), como observado na Tabela 1. Nos dois tipos de material, o teor de MS aumentou quando se passou do nível 0 ao nível 9 de inclusão de TNF. A média geral para o material original foi de 26,7% de MS e para o material ensilado foi de 24,3%. Essa perda pode ter sido consequência da degradação de carboidratos solúveis pelas bactérias do gênero *Lactobacillus* como indicado por Woolford (1984). Isto poderia causar aumento na proporção de outros constituintes da fração vegetal, como as frações fibrosas (FDN e FDA) as quais apareceram superiores no nível 0 de inclusão de TNF do material original, mas menores no material ensilado.

No material ensilado, o incremento no teor de MS com o aumento nos níveis de inclusão de TNF seguiu um comportamento linear ($P < 0.0001$), representado pela equação observada na Tabela 2.

Tabela 2. Regressões entre o nível de inclusão (%) de torta de nabo forrageiro (TNF) e as variáveis de composição nutricional (% base seca), digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS, %), pH e nitrogênio amoniacal (%) na silagem de capim elefante mais TNF

Variável	Equação ¹	R ²	Valor de P ²
MS	MS=21,3(0,63) + 0,667X(0,11)	0,77	<0,0001
PB	PB=7,58(0,34) + 0,52X(0,06)	0,87	<0,0001
EE	EE=4,39(0,32) + 0,78X(0,06)	0,95	<0,0001

MM	MM=13,66(0,17) + 0,11X(0,03)	0,57	0,004
FDN	FDN=70,66(0,806) - 2,05X(0,143)	0,95	<0,0001
FDA	FDA=47,11(0,112) - 1,47X(0,628)	0,95	<0,0001
NIDN ³	NIDN=31,6(1,30) - 0,95X(0,232)	0,63	0,0021
NIDA ³	NIDA=10,46(0,5) - 0,36X(0,09)	0,63	0,0021
LIG	LIG=9,44(0,44) - 0,24X(0,08)	0,49	0,013
Ca	Ca=0,302(0,011) + 0,007X(0,006)	0,23	ns
P	P=0,246((0,015) + 0,044X(0,008) - 0,026X ² (0,008)	0,81	<0,0001
DIVMS	DIVMS=48,93(0,58) - 0,836X(0,103)	0,87	<0,0001
pH	4,19(0,04) - 0,103X(0,02) + 0,0069X ² (0,002)	0,89	0,0002
N NH ₃	N NH ₃ =5,94(0,14) - 1,521X(0,18) - 0,386X ² (0,0351) - 0,024X ³ (0,03)	0,92	<0,0001

¹Entre parêntese o erro padrão do parâmetro

² ns Não significativo

³ Como porcentagem do nitrogênio total

No material original foi observado incremento no teor de MS nos níveis de inclusão de TNF 3, 6 e 9%, mas com incremento mais acentuado no nível 9%. Efeito semelhante foi encontrado por Gonçalves et al (2004) quando incluíram subprodutos do processamento da acerola e goiaba, com teores de MS de 87,11 e 88,80%, respectivamente. Esses autores observaram aumentos significativos nos teores de MS, quando confeccionaram silagens de capim elefante contendo 0, 5, 10, 15 e 20% desses subprodutos.

Houve aumento ($P < 0,05$) nos teores de PB quando foi adicionada a TNF nos diferentes níveis (Tabela 1), tanto no material original como na silagem, mas o incremento entre os níveis de inclusão 0 até o 9% foi menos acentuado na silagem (73%) quando comparado com o material original (147%). Isso explica a presença de interação ($P < 0,05$) entre os dois fatores avaliados. Essas diferenças poderiam explicar a presença de processos proteolíticos indesejáveis na silagem, como observado por Muck (1988).

Na silagem, o teor de PB incrementou-se linearmente ($P < 0,0001$) conforme aumentaram os níveis de inclusão da torta (Tabela 2). Ferreira et al (2004) observaram aumento semelhante no teor de PB quando acrescentaram até 48% de bagaço de caju (com 14,2% de PB) em silagens de capim elefante.

Todos os tratamentos apresentaram valores médios de PB superiores a 7%, que de acordo com Van Soest (1994), é o limite mínimo (como % da dieta total) para que não ocorra diminuição no consumo de matéria seca.

Observou-se aumento significativo ($P < 0,05$) no teor de EE em função da adição de TNF nos níveis estudados, mas sem influência do tipo de material ($P > 0,05$). Isso ocorreu pelo elevado teor de EE da TNF e explicou o comportamento linear ($P < 0,001$) desta variável, que, como será explicado posteriormente, relacionou-se negativamente com a DIVMS.

As médias de EE das silagens contendo as tortas foram superiores a 5%, valor a partir do qual poderia ser limitado o consumo de matéria seca e diminuir a taxa de degradação da fibra, se tomado como porcentagem da dieta total (Palmquist 1994).

O teor de MM foi inferior ($P < 0,05$) no material não ensilado, porém, as diferenças foram mínimas (Tabela 1). Tanto na silagem como no material original, o menor valor ($P < 0,05$) foi observado no nível 9% de inclusão. Isso se deve, provavelmente, ao valor da MM da TNF ser menor que a do capim elefante (13,87%). A MM incrementou-se linearmente ($P < 0,004$) à medida que aumentou a adição de TNF (Tabela 2). As inferências com relação à MM das silagens são limitadas pela falta de um estudo detalhado sobre o perfil de minerais contidos nessa fração.

Em relação ao teor de FDN, observou-se que os valores obtidos, tanto na silagem como no material original, para o nível 0, foram maiores ($P < 0,05$) que os observados nos demais níveis (Tabela 1). Não foi observado efeito do tipo de material, apesar do teor de FDN do capim puro ter sido superior ($P < 0,05$) ao do capim ensilado. Sendo assim, pode-se inferir que houve efeito da inclusão das tortas, nos níveis estudados, na diminuição da FDN das silagens, relacionando-se linearmente, como observado na Tabela 2. Resultados semelhantes a esses foram encontrados por Neiva et al (2006), quando acrescentaram o subproduto da indústria do maracujá (56,4% de FDN) ao capim elefante, nos níveis 0; 3,5; 7; 10,5 e 14%, no momento da ensilagem.

Todos os valores médios de FDN encontrados nas silagens ficaram acima de 40%, valor que, de acordo com Tomlinson et al (1991), começaria a limitar o consumo de matéria seca por causa do fator físico de enchimento ruminal. Porém, ao adicionar TNF o valor de FDN das silagens melhorou significativamente quando comparada com a silagem exclusivamente de capim (71,7% de FDN).

O teor médio de FDA foi superior no material ensilado (40,5%) comparado com o original (38,7%). Nos dois tipos de material, o maior valor ($P < 0,001$) no teor de FDA foi observado no nível zero de inclusão (capim puro). Porém, os valores do teor de FDA no material ensilado, nos quatro níveis de inclusão de TNF, foram superiores às médias observadas nos diferentes níveis de inclusão no material original, o que indica que o valor no teor de FDA foi dependente do tipo de material, indicando a presença de interação (Tabela 1). Assim, pode-se afirmar que houve efeito da inclusão da torta na diminuição dos teores de FDA das silagens, como observado para o FDN. Na silagem, o teor de FDA diminuiu linearmente ($P < 0,001$) conforme aumentaram os níveis de inclusão de TNF (Tabela 2). Todos os valores médios de FDA encontrados neste estudo foram superiores a 25%, considerado por Tomlinson et al (1991) como limite máximo para que o consumo de matéria seca não seja deprimido.

Observou-se efeito dos níveis de inclusão de TNF sobre o NIDN das silagens (Tabela 1), sendo que o menor valor médio foi encontrado na silagem com 9% de torta. Os menores níveis de inclusão (3 e 6%) não foram diferentes entre si ($P > 0,05$). Os resultados obtidos neste experimento foram diferentes dos obtidos por Ferreira et al (2004), que ensilaram o capim elefante (29,2% de NIDN) com 0; 3,5; 7; 10,5 e 14% de inclusão de subprodutos da indústria do caju (51,2% de NIDN) e obtiveram aumento significativo nos teores médios de NIDN nas silagens.

Apesar de não existir efeito ($P > 0,05$) do tipo de material sobre o teor de NIDN, no capim puro (nível 0) o teor de NIDN foi maior ($P < 0,05$) no material original, o que indica que a silagem provocou mudanças nesta fração nitrogenada.

Houve efeito ($P < 0,05$) dos níveis de inclusão, do tipo de material e da interação entre estes fatores sobre teores de NIDA. No material original, o capim puro apresentou a maior proporção de NIDA, a qual diminuiu com o processo de silagem. No material original não foram observadas diferenças entre os níveis 3, 6 e 9% de inclusão. Já na silagem o menor valor ($P < 0,05$) foi observado no nível 9%.

Todos os valores médios de NIDA, encontrados neste estudo, foram menores que 20%, que, de acordo com Van Soest e Manson (1991) é o limite para que não haja comprometimento na utilização do nitrogênio em razão da redução da disponibilidade dele e na diminuição da digestibilidade da matéria seca. Roth e Undersander (1995) afirmaram que em silagens bem conservadas, o teor de NIDA (% N total) deve ser inferior a 12%. Neste estudo, todas as silagens apresentaram valores inferiores a esse limite, indicando que o teor de NIDA não seria prejudicial ao aproveitamento da silagem pelos animais.

Tanto o teor de NIDN como de NIDA diminuíram linearmente ($P < 0,01$) conforme aumentaram os níveis de inclusão de TNF (Tabela 2).

Com respeito ao teor de lignina, houve efeito ($P < 0,05$) do aumento dos níveis de inclusão de TNF no teor de lignina. Sendo que no nível 9% foi encontrado o menor valor médio. Os níveis 3 e 6% de inclusão de TNF não foram diferentes entre si ($P > 0,05$). O efeito foi observado tanto no material original como no ensilado.

Os teores de Ca e P foram afetados ($P < 0,005$) pelos níveis de inclusão da TNF, devido às diferenças de composição entre o capim puro ensilado e a TNF, que apresentou níveis semelhantes de Ca, porém, níveis maiores de P. Por isso, o teor de P apresentou um incremento linear ($P < 0,0001$) conforme os níveis de TNF foram aumentados. Já o teor de Ca não se correlacionou (-0,22) com os níveis de TNF.

A DIVMS do capim puro foi superior ($P < 0,05$) à observada nos níveis 3, 6 e 9% de inclusão de TNF, tanto no material original como nas silagens (Tabela 1). No nível 9% foi observada a menor ($P < 0,05$) DIVMS. Houve diferenças entre a DIVMS da silagem e do material original, indicando o efeito do processo de ensilagem sobre esta variável, que neste caso, foi adverso, ou seja, as silagens apresentaram digestibilidades menores que o material original. Este fato pode estar relacionado ao elevado teor de EE contido na TNF ou mesmo a fatores inerentes aos processos fermentativos durante a ensilagem. Na Tabela 2, observa-se que a digestibilidade diminuiu linearmente ($P < 0,0001$) com o aumento dos níveis de TNF, e a correlação entre a DIVMS e o teor de EE foi de -0,95 ($P < 0,001$), o que explica esta relação. Portanto, silagens

com níveis de inclusão superiores a 3% começariam a ter efeitos negativos sobre a digestibilidade.

De acordo com Sullivan et al (2004), existe efeito negativo da inclusão de lipídeos sobre a digestibilidade de forragens, sendo que teores maiores que 7% na matéria seca total podem ser prejudiciais à degradação do alimento, principalmente se houver elevada proporção de ácidos graxos insaturados (óleos vegetais). Estes óleos, além de serem tóxicos aos microrganismos ruminais, aderem à partícula do alimento criando uma barreira física à ação de microrganismos e de enzimas microbianas.

O pH da silagem apresentou comportamento quadrático ($P < 0,002$) conforme foram aumentando os níveis de inclusão de TNF (Tabela 2). Os valores observados de pH nas silagens (Tabela 3) foram adequados (3,8 a 4,2), segundo Woolford (1984).

Tabela 3. Médias observadas para o pH e o nitrogênio amoniacal (N-NH₃) da silagem de capim elefante, e poder tampão no material original, nos diferentes níveis de inclusão de torta de nabo forrageiro (0, 3, 6 e 9%)

Variável	Torta	0	3	6	9	EPM ¹
pH	-	4,2 ^a	3,9 ^b	3,9 ^b	3,8 ^b	0,03
N-NH ₃ , %	-	5,9 ^a	4,2 ^b	5,4 ^a	5,5 ^a	0,20
NT ³	-	5,9 ^a	4,2 ^b	5,4 ^a	5,5 ^a	0,20
PT ²	16,7	33,3 ^a	28,7 ^b	22,4 ^c	19,5 ^c	1,8

a,b,c Médias com letras diferentes nas linhas são estatisticamente diferentes segundo o test Tukey ($P < 0,05$)

¹ Erro padrão da média

² PT=Poder tampão (eq.mg NaOH/100g MS)

³ Nitrogênio total

De acordo com Van Soest (1994), nas silagens convencionalmente conservadas, o pH alto é indicativo de maior produção de ácido acético e butírico, e isso é característica de processos fermentativos indesejáveis. Assim, o pH não deve ser tomado como parâmetro único para classificar a fermentação das silagens, já que seu efeito inibitório sobre as bactérias depende da velocidade da diminuição da umidade do meio (Woolford 1984).

Neiva et al (2001) trabalhando com adição de subproduto de caju na ensilagem de capim elefante, nos níveis 0, 15, 30, 45, 60 e 100%, obtiveram valores médios de pH (3,8) semelhantes aos do presente trabalho.

Na Tabela 2 pode-se observar que o comportamento da variável N-NH₃, na silagem, foi cúbico ($P < 0,0001$), apresentado um declínio inicial acentuado entre o nível 0 e 3% de TNF. Já entre 3 e 6% de inclusão de TNF o comportamento volta a ser crescente, com uma tendência de estabilidade entre 6 e 9%. Considerando isso, e os dados apresentados na Tabela 3, pode-se afirmar que a partir do nível de inclusão 3% é observado um aumento nos teores de N-NH₃ nas silagens. Todos os valores médios de N-NH₃ estão abaixo de 10%, tido como o máximo aceitável para classificar uma silagem como bem preservada (McDonald 1981).

Os valores médios de PT no material original (Tabela 3) indicam que na medida em que aumenta o nível de inclusão de TNF, estes diminuem ($P < 0,05$), mas sem diferenças nos níveis 3 e 6% ($P > 0,05$).

Conclusão

- O processo da ensilagem promoveu mudanças na composição química e na digestibilidade da mistura de capim elefante com torta de nabo forrageiro.
- O teor de proteína bruta foi afetado adversamente pelo processo de silagem, sendo mais evidente nos níveis de inclusão de torta superiores a 3%, como aconteceu também com a DIVMS.
- Portanto, sugere-se não utilizar a torta de nabo forrageiro como aditivo na silagem de capim elefante em níveis superiores a 3%, apesar de que os valores de pH e de nitrogênio amoniacal das silagens em todos os níveis de inclusão estudados foram considerados aceitáveis.

- O elevado teor de EE da torta de nabo forrageiro poderia explicar o efeito adverso sobre a digestibilidade. Novos estudos poderiam ser realizados com o objetivo de testar tortas obtidas utilizando solventes, buscando diminuir os teores de EE.

Referências

AOAC (Association of Official Analytical Chemist) 1990 Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 11th edition. Washington 1015 p.

Brasi, L A C S, Denucci S e Portas A A 2008 Nabo - adubo verde, forragem e bioenergia. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/nabo/index.htm>. Acesso em: 26/8/2014 20/6/2008.

Evangelista A R, Abreu J G, Peron A J, Fraga A C e Castro Neto P 2004 Composição química de tortas de amendoim (*Arachis hipogaea* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. Em: Primeiro congresso brasileiro - plantas oleaginosas, óleos vegetais e biodiesel. Varginha – MG (Brasil) p1-4.

Ferreira J J 1973 Efeito do estágio de desenvolvimento do pré-murchamento e da adição de raspa de mandioca sobre o valor nutritivo da silagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* SCHUM) Dissertação: Mestrado em Zootecnia Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Ferreira A C H, Neiva J N M, Rodriguez N M, Lôbo R N B e Vasconcelos V R 2004 Valor nutritivo das silagens de capim elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de cajú. Revista Brasileira de Zootecnia 33(6): 1380-1385
<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n6/a04v33n6.pdf>

Gonçalves J S, Neiva J N M, Vieira N F, Oliveira Filho G S e Lôbo R N 2004 Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com adição de diferentes níveis de subprodutos do processamento de acerola (*Malpighia glabra*) e de goiaba (*Psidium guajava*). Revista Ciência Agronômica 35(1): 131-137 <http://www.ccarevista.ufc.br/v35a2004/17ca35-1.pdf>

Lima J A 1992 Qualidade e valor nutritivo da silagem mista de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* SCHUM) e soja (*Glycine Max* (L) Merrill), com e sem adição de farelo de trigo. Dissertação: Mestrado em Zootecnia - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras-MG

McDonald P 1981 The biochemistry of silage. New York: John Willey and Sons 226 p.

McDonald P, Henderson A R and Heron S J 1991 The biochemistry of silage. New York: Chalcombe 339 p

Mello D F, Franzolin R, Fernandes L B, Franco V M e Alves T C 2008 Avaliação do resíduo de nabo forrageiro extraído da produção de biodiesel como suplemento para bovinos de corte em pastagens. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 9(1): 45-56
<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/916/586>

Muck R E 1988 Factors influencing silage quality and their implications for management. Journal of Dairy Science 71(11): 2992-3002
<http://jds.fass.org/cgi/reprint/71/11/2992.pdf>

Neiva J N M, Nunes F C S, Candido M J D, Rodriguez N M e Lôbo R N B 2006 Valor nutritivo de silagens de capim elefante enriquecidas com subprodutos do processamento de maracujá. Revista Brasileira de Zootecnia, 35(4): 1845-1851
<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n4s0/a36v354s.pdf>

Neiva J N M, Teixeira M C, Lobo R N B e Castro A B 2001 Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) com diferentes níveis de subproduto do caju (*Anacardium occidentale*). Em: Anais Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba (SP) p147-148

Palmquist D L 1994 The role of dietary fats in efficiency of ruminants. Journal of Nutrition 124(8): 1377
http://jn.nutrition.org/cgi/reprint/124/8_Suppl/1377S

Playne M J and McDonald P 1966 The buffering constituents of herbage and silage. Journal Science Food and Agriculture 17(6): 262-268

Prado I N e Moreira F B 2002 Suplementação de bovinos no pasto e alimentos alternativos usados na bovinocultura. Maringá: EDUEM/UEM 162 p

Roth G and Underlander D 1995 Silage additives. In: Com Silage Production Management and Feeding. Madison: Madison American Society of Agronomy, p27-29

Sarruge J R e Haag H P 1974 Análises químicas em plantas. Piracicaba, SP: ESALQ p6-58

Silva D J e Queiroz A C 2002 Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG: UFV 235p

Sullivan H M, Bernard J K, Amos H and Jenkins T C 2004 Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. Journal of Dairy Science 87(3): 665-671 <http://jds.fass.org/contents-by-date.2004.shtml>

Tilley J M A and Terry R A 1963 A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal British Grassland Society 18: 104-111

Tomlinson D J, James R E and McGilliard ML 1991 Effect of varying levels of neutral detergent fiber and total digestible nutrients on intake and growth of holstein heifers. Journal of Dairy Science 74(2): 537-545 <http://jds.fass.org/cgi/reprint/74/2/537>

Tosi H 1973. Conservação de forragem como consequência do manejo. Em: Anais simpósio sobre manejo de pastagens. Piracicaba (SP) p117-140

Van Soest P J 1994 Nutritional ecology of the ruminant. 2nd edition. London: Comstock Publishing Associates/Cornell University Press 476 p

Van Soest P J and Manson P C 1991 The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feed. Animal Feed Science and Technology (32): p.1-2

Wilhelm H M, Domingos A K e Ramos L P 2006 Processo de etanolise em meio alcalino do óleo bruto de nabo forrageiro. Em: Anais Congresso da rede brasileira de tecnologia do biodiesel. Brasília

Woolford MK 1984 The silage fermentation. New York: Marcel Dekker 1984. 350 p

Zagatto EA G, Krug F C, Bergamim Filho H, Jorgensen S S and Reis B F 1979 Margin zones in flow injection analysis. Part 2. Determination of calcium, magnesium and potassium in plant material by flow injection atomic and flame emission spectrometry. Analytica Chimica Acta 104: 279-284

Received 10 May 2008; Accepted 16 August 2008; Published 3 October 2008

[Go to top](#)