

# AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE COPRODUTOS DA EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS EM DIETA DE OVINOS<sup>1</sup>

PATRÍCIA BRÁS<sup>2</sup>, ROSANA APARECIDA POSSENTI<sup>2\*</sup>, MAURO SARTORI BUENO<sup>2</sup>, ERIKA BREDI CANOVA<sup>2</sup>, ELIANA APARECIDA SCHAMMAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 24/10/13. Aceito para publicação em 20/05/14.

<sup>2</sup>Instituto de Zootecnia (IZ), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Nova Odessa, SP, Brasil.

\*Autor correspondente: [possenti@iz.sp.gov.br](mailto:possenti@iz.sp.gov.br)

RESUMO: A busca por fontes alternativas de produção de energia é uma necessidade em sistemas de produção sustentável, pois além de contribuir com o meio ambiente, pode proporcionar a produção de alimentos alternativos para animais. O presente trabalho teve como objetivo estudar a composição química das tortas oriundas da prensagem dos grãos de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe, adicionadas em dietas de ovinos; estimar o valor nutricional em ensaios de degradabilidade ruminal *in situ*, avaliando os efeitos das dietas sob os parâmetros ruminais e sanguíneos, também estimar através da técnica *in vitro* a produção de gases de efeito estufa. Os tratamentos foram: silagem de milho como volumoso oferecido *ad libitum*, juntamente com 100g de grãos de milho moído e 100 g/dia de proteína bruta (PB), proveniente da torta a ser testada nos diferentes tratamentos. A quantidade de torta fornecida em cada tratamento foi a seguinte: T1-cártamo: 440g; T2-nabo forrageiro: 240g; T3-girassol: 452g e T4-crambe: 405g e foi equivalente a 100g de proteína. Foram utilizados quatro ovinos fistulados no rúmen, mantidos em baias individualizadas, distribuídos em quadrado latino 4 x 4. Os animais alimentados com as tortas de nabo forrageiro e crambe apresentaram menor consumo de matéria seca e perda de peso. O pH ruminal e as concentrações de AGCC não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos. Maiores teores de N-NH<sub>3</sub> foram observados nos animais alimentados com a torta de nabo forrageiro na dieta, que também apresentaram maiores degradabilidades potencial e efetiva da MS (88,62 e 83,25%). Na dieta com torta de cártamo foram observados maiores teores de FDA e lignina, menor degradabilidade efetiva da MS e PB (40,46 e 74,32%), menor produção total de gases *in vitro* (10,42 mL/g MS) e menor degradabilidade da MS e MO (671 e 556,95 g/kg, respectivamente), enquanto na dieta com torta de nabo forrageiro foram obtidos os maiores valores destas frações. Os coprodutos avaliados apresentam características que os qualificam como potenciais fontes de proteína para ruminantes. De acordo com os perfis de degradação obtidos, os coprodutos podem ser adicionados a dietas de ruminantes, porém as tortas de nabo forrageiro e crambe necessitam de maior atenção por terem apresentado menor consumo e perda de peso dos animais.

Palavras-chave: *Carthamus tinctorius* L., *Crambe abyssinica* H., *Helianthus annuus* L., *Raphanus sativus* L.

## NUTRITIONAL EVALUATION OF CO-PRODUCTS FROM THE EXTRACTION OF PLANT OILS IN SHEEP DIET

ABSTRACT: The search for alternative energy sources is a necessity in sustainable production systems, as well as contributing to the environment, it can provide the production of alternative food for animals. The objective of this work was to study the chemical composition of cakes obtained by pressing grains of safflower, turnip, sunflower and crambe, added to the diet of sheep; estimate the nutritional value in trials of *in situ* ruminal degradability, evaluating the effects of diets on ruminal and blood parameters, as well estimate by the technique *in vitro* production of greenhouse. The treatments were: corn silage as forage offered *ad libitum*, with 100g of corn grain and 100g/day of crude protein from the pies. The quantities by pies were: T1-safflower: 440g; T2-turnip: 240g, T3-sunflower: 452 g and T4- crambe: 405g and supplied 100g/day of CP. Four rumen

fistulated sheep were used, kept in individual stalls, distributed in 4 x 4 latin square. Animals fed the turnip and crambe pies showed lower dry matter intake and weight loss. Rumen pH and short chain fatty acids concentrations did not differ ( $P>0.05$ ) among treatments. Higher levels of  $\text{NH}_3\text{-N}$  were observed in the diet with the turnip pie, which also showed higher potential and effective degradability of DM (88.62 and 83.25%). The safflower pie showed higher levels of ADF and lignin, lower effective degradability of DM and CP (40.46 and 74.32%), lower total production of gas *in vitro* (10.42 mL/g DM) and lower degradability of DM and OM (671 and 556.95 g/kg, respectively), while the turnip pie obtained the highest values of those fraction. The coproducts show characteristics which qualify them as potential sources of protein for ruminants. According to the degradation profiles obtained, they can be added to ruminant diets, but the turnip pies and crambe need more attention because they presented lower consumption and weight loss of the animals.

Keywords: *Carthamus tinctorius* L., *Crambe abyssinica* H., *Helianthus annuus* L., *Raphanus sativus* L.

## INTRODUÇÃO

A busca por fontes alternativas de energia é uma necessidade, principalmente em sistemas de produção sustentável e alguns segmentos produtivos são capazes de oferecer opções com vantagens econômicas para auxiliar o aumento dessa capacidade de gerar energia no país, contribuindo com o meio ambiente, além de proporcionar a produção de alimentos alternativos para animais e não competitivos com a alimentação humana (ZAMBOM *et al.*, 2001). Entretanto, essas fontes alternativas necessitam ser estudadas e bem caracterizadas para possibilitar sua utilização nos referidos sistemas de produção animal.

O biodiesel se destaca como uma alternativa economicamente viável. É um combustível biodegradável, com baixa emissão de poluentes, proveniente de fontes renováveis, como óleos vegetais e gorduras animais. A produção desse combustível gera resíduos que necessitam de atenção especial por seu potencial uso como fertilizantes e na alimentação animal (MELLO *et al.*, 2008).

No Brasil cerca de 80% da produção do biodiesel é à base de soja. Entretanto, a produção de soja no país está ligada a cadeias produtivas que monopolizam a infraestrutura de produção de grãos. Por outro lado, o aumento do leque de matérias primas com o cultivo de outras oleaginosas pode possibilitar maior rendimento econômico aos agricultores.

Outro fator importante a ser considerado é a integração dos sistemas produtivos. A associação de plantio de diferentes culturas permite a utilização residual da matéria seca da cultura precedente e assim, contribuem com o sistema de produção sustentável, pois haverá sempre a deposição de maté-

ria orgânica do plantio anterior. Essa integração de culturas, a qual pode ser constituída por oleaginosas, é bastante conveniente à agropecuária, uma vez que permite a produção de volumoso e concentrado (coproduto), de uma mesma espécie, além do óleo que poderá constituir em lucro extra ao produtor.

A utilização de resíduos agroindustriais na alimentação animal em geral, propicia redução no custo da alimentação, além de servir como alternativa sustentável de reaproveitamento da matéria orgânica de origem vegetal, evitando o acúmulo destes resíduos no meio ambiente, com consequente contaminação ambiental (solo e água), colaborando com a preservação dos recursos naturais e com a produção animal sustentável.

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) família das *Asteraceas* é uma oleaginosa interessante, mas sem tradição de cultivo no Brasil. Pode ser considerada uma planta rústica, resistente às adversidades climáticas e seus grãos podem conter até 40% de óleo (GIAYETTO *et al.*, 1999). O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) família *Brassicaceae*, é uma planta crucífera muito utilizada para adubação verde, rotação de culturas e alimentação animal. A torta resultante do processo de prensagem dos grãos pode ser utilizada na formulação de rações para diversas espécies animais (BRASI *et al.*, 2008). A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) família *Asteraceae*, é apropriada para pequena propriedade, favorecendo a inclusão do agricultor familiar em sua cadeia produtiva, tendo assim importância no aspecto social da agricultura (SLUSZ e MACHADO, 2006). O crambe (*Crambe abyssinica* H.) família *Brassicaceae*, é uma planta originária da região do mar Mediterrâneo. Essa planta é altamente tolerante à seca, possui ciclo curto (90 a 95 dias), todo o seu

cultivo pode ser mecanizado, adapta-se bem às alterações climáticas, sendo resistente às pragas e doenças (CANOVA, 2011).

Diante desse contexto, objetivou-se com este trabalho determinar a composição química das tortas resultantes da prensagem dos grãos de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe, e dos respectivos óleos; estimar a degradabilidade da matéria seca e proteína bruta através da técnica de degradação *in situ* e da técnica *in vitro* de produção de gases; e avaliar os efeitos das dietas contendo silagem de milho com adição das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe sob as características ruminais e sanguíneas em ovinos.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no galpão de digestibilidade do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, no período de maio a agosto de 2010.

Para a realização deste estudo foram utilizados quatro ovinos machos, mestiços (Dorper x Santa Inês), providos de cânulas no rúmen, com peso inicial médio de 82±3,5 kg. Os animais permaneceram em baias individualizadas, providas de cochos e bebedouros, que permitiram a avaliação do consumo de alimentos. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas e os animais tiveram livre acesso ao bebedouro e mistura de sal mineral.

Foi utilizado o delineamento experimental em quadrado latino 4 x 4, composto por 4 tratamentos e 4 períodos (PIMENTEL GOMES, 1987). Os tratamentos foram baseados no fornecimento das rações conforme descrito na Tabela 1. Os animais receberam silagem de milho como volumoso padrão e oferecido *ad libitum*, com 100g de milho moído e as seguintes quantidades de tortas foram adicionadas, aos respectivos tratamentos: T1- cártamo 440g; T2 nabo forrageiro 240g; T3 girassol 452g e T4 crambe 405g, cada torta supriu o equivalente a 100 g/dia de proteína bruta (PB), conforme recomendações do NRC (2007), em dieta de manutenção.

Durante os períodos experimentais, os animais permaneceram em baias por 18 dias, sendo os primeiros 13 dias para adaptação às dietas e ajuste do consumo, permitindo sobras de 10% aproximadamente do total oferecido e os últimos 5 dias para coleta de dados e amostras. A ingestão de matéria seca (IMS) foi avaliada diariamente com pesagens dos alimentos oferecidos e das sobras na manhã do dia seguinte.

**Tabela 1. Composição percentual das rações fornecidas diariamente aos animais**

Ingredientes (%)	Tratamentos			
	cártamo	nabo F.	girassol	crambe
Silagem de milho	66	75	65	66
Milho grão moído	6	7	6	7
Tortas	28	18	29	27

Os óleos e as tortas foram processados no Departamento Planta Piloto de Extração de Óleos Vegetais no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL, Campinas), por meio de prensagem mecânica a frio dos grãos em equipamento denominado mini prensa tipo “Expeller”.

Para avaliar a qualidade nutricional das tortas, foram feitas análises químicas no Laboratório de Nutrição Animal do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa. Foram realizadas determinações dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA), lignina, nitrogênio insolúvel em FDN e FDA como porcentagem do nitrogênio total (N-FDN/NT e N-FDA/NT), energia bruta, macro e micro elementos (fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, cobre, ferro e manganês), Tabelas 2 e 3.

A MS, MM, PB e EE, foram determinados segundo a AOAC (1995). As determinações analíticas de FDN, FDA e lignina foram realizadas pelo método proposto por VAN SOEST *et al.* (1991) e de acordo com as adaptações descritas em SILVA e QUEIROZ (2009). N-FDN e N-FDA segundo LICITRA *et al.* (1996). Os CNF foram determinados segundo a equação de SNIFFEN *et al.* (1992).

A energia bruta foi obtida pela medida de calorías das amostras oxidadas em bomba calorimétrica. Os minerais foram determinados pelo método de digestão em solução nitroperclórica (4:0,5) e as leituras realizadas em espectrômetro de absorção atômica. As determinações de fósforo e enxofre foram obtidas em fotocolorímetro.

A composição dos ácidos graxos dos óleos foi realizada no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL, Campinas), pelo método de cromatografia gasosa, conforme metodologia descrita por FIRESTONE (2008).

O conteúdo ruminal da região ventral foi coletado no 18º dia de cada período e as amostragens realizadas nos tempos: zero (antes da primeira ali-

**Tabela 2. Composição químico-bromatológica das tortas de cártamo, nabo forrageiro (nabo f.), girassol e crambe**

Determinações	Tortas			
	cártamo	nabo f.	girassol	crambe
MS (%)	94,09	90,38	89,41	92,72
	% na MS			
PB	22,36	41,95	22,08	24,67
EE	10,31	12,55	26,82	29,60
MM	3,79	6,30	4,97	5,47
FDA	40,67	12,68	28,20	21,54
FDN	52,59	17,33	38,36	29,34
Lignina	15,27	4,68	9,44	8,74
CNF	10,95	21,87	7,77	10,92
N-FDN/% do N total	7,00	6,02	4,24	6,74
N-FDA/% do N total	6,51	3,85	3,14	3,02
Energia Bruta (cal/g)	4739	4795	5848	5994

**Tabela 3. Composição mineral das tortas de cártamo, nabo forrageiro (nabo f.), girassol e crambe**

Determinações <sup>1</sup>	Tortas			
	cártamo	nabo f.	girassol	crambe
Fósforo (g/kg)	7,40	9,90	8,40	8,10
Cálcio (g/kg)	2,70	4,30	2,30	7,70
Magnésio (g/kg)	2,60	4,10	4,30	3,10
Potássio (g/kg)	7,70	9,60	11,20	7,10
Enxofre (g/kg)	2,40	14,60	2,90	7,70
Cobre (mg/kg)	23,19	6,78	22,82	10,45
Ferro (mg/kg)	274,49	449,24	86,85	270,70
Manganês (mg/kg)	23,66	32,87	29,31	32,52

<sup>1</sup>Resultados corrigidos na MS a 105 °C.

mentação) 2,4,6 e 8 horas após a primeira alimentação. As determinações dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) foram realizadas por cromatografia gasosa, segundo método preconizado por ERWIN *et al.* (1961). A determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foi realizada segundo procedimentos descritos por FENNER (1965).

Foram realizadas determinações das degradabilidades da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe pela técnica de sacos de náilon *in situ*, conforme padronização descrita por HUNTINGTON e GIVENS (1995). Os dados de degradação *in situ* das tortas, foram obtidos quando

o animal recebia o tratamento contendo a respectiva torta, como ingrediente protéico da dieta.

Os tempos de incubação no rúmen foram: 0, 3, 6, 9, 24 e 48 horas, efetuados de maneira reversa, para que os sacos de náilon, contendo as tortas, fossem retirados ao mesmo tempo e posteriormente, colocados em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas. Após a pesagem, os resíduos foram moídos em micro moinho (partículas de 1mm) e enviados ao laboratório para determinações bromatológicas.

As curvas de desaparecimento foram ajustadas para o modelo proposto por ORSKOV e McDONALD (1979). A degradabilidade efetiva foi obtida conforme equação definida pelos mesmos autores, considerando-se a taxa de passagem do conteúdo ruminal de  $k=0,05$ /hora:  $DE = a + [(b + c) / (c + kp)]$ , onde: DE = taxa de degradabilidade efetiva (%); a = fração rapidamente solúvel em água; b = fração potencialmente degradável no interior do rúmen; c = taxa de degradação por hora da fração b, e  $kp$  = taxa de passagem da digesta no rúmen (5%/hora).

No último dia de cada período, foram coletadas amostras de sangue antes da primeira alimentação, por punção da veia jugular. O material foi encaminhado imediatamente ao Laboratório de Análises Clínicas para determinação bioquímica dos teores de colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL), glicose, uréia, creatinina, aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT). As determinações analíticas foram feitas pelo método enzimático colorimétrico, utilizando-se "kits" comerciais.

As determinações das produções de gás *in vitro* e de metano das tortas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA, USP, Piracicaba, SP. A metodologia seguida foi a técnica *in vitro* de produção de gás adaptada ao sistema semi automático do Laboratório de Nutrição Animal e a avaliação da produção de metano foi pelos métodos de BUENO *et al.* (2005) e LONGO *et al.* (2006).

Inicialmente os dados foram testados quanto à homogeneidade de variâncias e normalidade dos resíduos, pelo aplicativo GUIDED DATA ANALYSIS do SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC). Para atender as pressuposições da análise de variância, foi necessária a transformação em  $\log(x)$  para a variável N-NH<sub>3</sub>.

As variáveis respostas ou dependentes: degradação da MS e PB, consumo, peso corporal e parâmetros sanguíneos foram analisadas pelo PROC

GLM do SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC), segundo o delineamento em quadrado latino 4 x 4, conforme o modelo matemático:  $Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + D_k + e_{ijk}$  onde:  $\mu$  = constante comum a cada observação;  $A_i$  = efeito do i-ésimo animal ( $i = 1, \dots, 4$ );  $P_j$  = efeito do j-ésimo período ( $j = 1, \dots, 4$ );  $D_k$  = efeito da k-ésima dieta ( $k = 1, \dots, 4$ );  $e_{ijk}$  = erro residual, assumido independente e identicamente distribuído em uma distribuição normal, com média zero e variância  $\delta^2$ . As médias dos tratamentos foram comparadas usando o comando LSMEANS e pelo teste de Tukey-Kramer. O nível de significância adotado foi de 5%.

As variáveis respostas medidas ao longo do tempo: pH, AGCC e N-NH<sub>3</sub> foram analisadas segundo o conceito de medidas repetidas no tempo, empregando-se o procedimento PROC MIXED do SAS (LITTEL, 1996). Essa análise requer a avaliação da estrutura de covariância, sendo selecionadas pelo critério de informação de Akaike (AIC - menor valor) (BOZDOGAN, 1987) as estruturas: não-estruturadas (un), autoregressiva de primeira ordem (ar(1)), Huynh-Feldt (HF), e autoregressiva de médias móveis de ordem um (arma(1,1)). O modelo matemático empregado foi:  $Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + D_k + e_{ijk} + T_l + (DT)_{kl} + e_{ijkl}$  onde:  $\mu$  = constante comum a cada observação;  $A_i$  = efeito aleatório do i-ésimo animal ( $i = 1, \dots, 4$ );  $P_j$  = efeito aleatório do j-ésimo período ( $j = 1, \dots, 4$ );  $D_k$  = efeito fixo da k-ésima dieta ( $k = 1, \dots, 4$ );  $e_{ijk}$  = efeito aleatório das unidades experimentais (erro da parcela);  $T_l$  = efeito fixo do l-ésimo tempo de coleta ( $l = 0, 2, 4, 6$  e 8);  $(DT)_{kl}$  = efeito fixo da interação entre k-ésima dieta e l-ésimo tempo de amostragem;  $e_{ijkl}$  = erro residual.

Os tempos de amostragem foram decompostos em contrastes ortogonais, definindo os componentes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C). As médias dos tratamentos foram obtidas pelo comando LSMEANS, e as comparações entre médias das dietas foram feitas pelo teste de Tukey-Kramer. O nível de significância considerado foi de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Tabela 2, os teores de umidade, inferidos a partir dos teores de MS, estão abaixo do limite de 11% de umidade, considerado como adequado para o armazenamento de produtos ricos em óleos (SOUZA *et al.*, 2009).

Os resultados de PB encontrados sugerem, preliminarmente, que essas tortas podem ser utilizadas como fonte de proteína bruta para animais. Entretanto, os valores para a torta de cártamo observados, estão abaixo dos informados

por FERRARI *et al.* (2008), que citam valores ao redor de 35% de PB e ressaltam que sua utilização na alimentação de ruminantes é adequada como fonte de proteína. Na torta de nabo forrageiro, os valores de PB estiveram acima dos descritos por ABDALLA *et al.* (2008) de 34 a 38% e teores de extrato etéreo (EE) variando de 22 a 24%. Para a torta de crambe, os valores foram superiores aos observados por Souza *et al.* (2009), de 15,88% de EE e 31,79% de PB.

As tortas de crambe e girassol apresentaram teores de EE mais elevados, 29,60% e 26,82%, respectivamente. ABDALLA *et al.* (2008), encontraram na literatura corrente valores de EE nas tortas de girassol variando entre 20% a 22%. De acordo com os autores, o elevado teor de EE pode ser um fator benéfico para ruminantes, considerando que a inclusão de óleo na dieta pode auxiliar na mitigação do metano entérico.

Deve ser destacado que a FDN e FDA são as frações majoritárias na torta de cártamo quando comparadas às demais; assim como seu alto teor de lignina. A torta de nabo forrageiro apresentou maior quantidade de CNF (21,87%) e a torta de girassol mostrou menor valor (7,7%) para essa fração.

Os teores de N-FDA das tortas foram baixos, a variação encontrada foi de 3,02 a 6,51% em relação ao N total. Aumentos nos teores de N-FDA podem ocorrer se houver excessiva produção de calor no processo de prensagem, comprometendo desta forma a integridade e disponibilidade da fração nitrogenada. No grão, a proteína reage com os carboidratos, passando a fazer parte da fração FDA. Este processo é denominado Reação de Maillard, que pode afetar negativamente o valor nutricional dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

Os valores de N-FDN são dados importantes que permitem ao nutricionista determinar por diferença (N-FDN - N-FDA) a fração de proteína associada à parede celular e potencialmente disponível no rúmen, mas com baixa taxa de degradação ruminal (SNIFFEN *et al.* 1992). Os valores observados, no presente trabalho, para o N-FDN foram baixos, pois estão abaixo de 7%, em relação a porcentagem de N total.

As tortas de crambe e girassol apresentaram maiores teores de energia bruta (5994 e 5848 cal/g, respectivamente) devido à maior porcentagem de extrato etéreo residual presente em ambas.

Dentre os minerais avaliados (Tabela 3), os mais abundantes foram potássio nas tortas de girassol e cártamo (11,20 e 7,70 g/kg, respectivamente), fósforo na torta de crambe (8,10 g/kg) e enxofre na torta de nabo forrageiro (14,60 g/kg). Segundo CHURCH (2004), a composição mineral das plantas

pode variar em função da espécie, variedade, idade, estágio de desenvolvimento, velocidade de crescimento, disponibilidade de nutrientes no solo, fertilização e volume hídrico.

A torta de crambe apresentou elevado teor de cálcio (7,70 g/kg) em relação aos demais tratamentos. SOUZA *et al.* (2009) também destacaram valor elevado deste mineral, que alcançou 8,55 g/kg. Na torta de nabo forrageiro, os teores de cálcio, magnésio, cobre e manganês (4,30 g/kg; 4,10 g/kg; 6,78 mg/kg e 32,87 mg/kg, respectivamente) foram próximos aos apresentados por CARVALHO e COSTA (2009), que encontraram 4,54 g/kg; 3,07 g/kg; 6,40 mg/kg e 31,40 mg/kg, respectivamente. Já os valores de fósforo e potássio estão abaixo das concentrações avaliadas pelos mesmos autores (31,66 e 15,00 g/kg, respectivamente). As concentrações de ferro nas tortas pesquisadas apresentaram valores superiores às encontradas na literatura em relação ao farelo de soja, exceto a torta de girassol, que demonstrou o teor mais baixo para este elemento (86,85 mg/kg). SOUZA *et al.* (2009), encontraram 92,6 mg/kg de ferro na torta de nabo forrageiro, valor bem abaixo ao encontrado no presente estudo (449,2 mg/kg).

Os ovinos possuem susceptibilidade à intoxicação pelo cobre, que afeta o fígado dos animais, causando lesões, hemólise, icterícia e hemoglobinúria, podendo levar o animal à morte. Concentrações acima de 25 mg na dieta total de MS são considerados níveis tóxicos (NRC, 2007; ANTONELLI, 2007). Os teores de minerais avaliados no presente estudo estão dentro dos limites considerados normais aos animais.

Na Tabela 4 o óleo vegetal que apresentou teor mais elevado de ácido oleico (C18:1) foi o extraído das sementes de cártamo (74,4%), resultado superior ao relatado por DEMIRBAS (2005), que encontrou predominância do ácido linoleico (77,2%) em grãos de cártamo. Este ácido também foi predominante no óleo de nabo forrageiro, porém, o conteúdo é de 32,9%, bem inferior ao óleo de cártamo. A espécie que apresentou maior teor de ácido linoleico (C18:2) foi o girassol, com 68%. As sementes de cártamo e nabo forrageiro apresentaram conteúdo semelhante para esse ácido, em torno de 16%. Nos grãos de crambe, a fração predominante de ácido graxo é representada pelo ácido erúxico (C22:1), com 64,5%, teor próximo ao encontrado no óleo de colza, que varia de 24 a 50% (SOUZA *et al.*, 2009). O óleo presente nas sementes de nabo forrageiro apresentou teor de 15,7%, já nos óleos de cártamo e girassol, não foi verificado teores desse ácido graxo. O ácido erúxico (C22:1) é formado por uma cadeia longa que pode ser prejudicial quando presente

**Tabela 4. Perfil dos ácidos graxos dos óleos extraídos dos grãos de cártamo, nabo forrageiro (nabo f.), girassol e crambe**

Ácido graxo	Nome comum	Óleos			
		cártamo	nabo f.	girassol	crambe
		%			
C16:0	Palmítico	4,8	5,2	6,2	1,3
C18:0	Esteárico	2,4	2,3	3,8	0,6
C18:1	Oleico	74,4	32,9	20,0	13,0
C18:2	Linoleico	16,1	16,6	68,0	6,5
C18:3	Linolênico	0,1	12,0	0,25	4,1
C22:1	Erúcico	nd <sup>1</sup>	15,7	nd <sup>1</sup>	64,5
Saturados		8,4	9,6	11,6	2,01
Monoinsaturados		75,0	60,2	23,1	26,86
Poliinsaturados		16,2	29,9	65,3	3,81
Ômega 6		16,1	17,8	68,00	2,45
Ômega 3		0,1	12,1	0,25	1,36

<sup>1</sup>nd= não detectado.

em altas concentrações na dieta. Há poucos relatos na literatura sobre seus efeitos em ruminantes. No entanto, estudos com ratos demonstraram que o óleo de colza, também rico em ácido erúcico, causou aumento dos lipídios nos tecidos do fígado e coração, além de reduzir o crescimento desses animais (KRAMER *et al.*, 1973).

SOUZA *et al.* (2009), com base na literatura, ressaltam que as modificações na composição lipídica da dieta podem alterar os níveis séricos de colesterol, conforme a quantidade e qualidade dos ácidos graxos ingeridos, evidenciando o efeito da dieta sobre este parâmetro sanguíneo. Assim, dietas ricas em ácidos graxos saturados e pobres em poliinsaturados, aumentam as concentrações do colesterol no sangue.

Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) na ingestão de MS (Tabela 5). A dieta composta pela torta de cártamo propiciou maior consumo (1,37 kg de MS/dia) não diferindo do tratamento contendo a torta de girassol. Entretanto, a dieta com torta de crambe causou menor consumo, mas apresentou diferença somente entre a torta de cártamo. Foram observados menores consumos e variação negativa de peso para os tratamentos em que os animais receberam as tortas de nabo forrageiro e crambe.

O alto consumo de EE dos animais alimentados com a torta de crambe pode ter interferido na digestão da fibra, contribuindo com a limitação do consumo de MS. Porém, a ingestão de EE dos animais que receberam a torta de nabo forrageiro não foi tão elevada. Talvez essa torta possua menor palatabilidade, proporcionando baixo consumo de MS. Outro fator que pode ter interferido negativamente no consumo e na variação do peso corporal é a composição de ácidos graxos do óleo residual das tortas de crambe e nabo forrageiro, que possuem maiores teores de ácido erúcico (Tabela 4). De acordo com KRAMER *et al.* (1973), altas concentrações de ácido erúcico podem causar aumento dos lipídios nos tecidos do fígado em ratos, além de reduzir o crescimento desses animais. Os autores afirmam que este ácido graxo pode ser um fator antinutricional.

Embora a torta de cártamo tenha apresentado maiores teores de fibras e lignina, os animais demonstraram ganho de peso e maior consumo de alimento em relação às tortas de crambe e nabo forrageiro. Possivelmente, o aumento da ingestão de fibras propiciou a ruminação, maior motilidade ruminal e taxa de passagem equilibrada, contribuindo assim com a reciclagem

**Tabela 5. Variação média de peso corporal e consumo de MS de ovinos alimentados com dietas contendo tortas de cártamo, nabo forrageiro (nabo f.), girassol e crambe**

	Tortas <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>
	cártamo	nabo f.	girassol	crambe	
Varição de Peso	3,25a	-0,7ab	2,05ab	-3,0b	1,5
Consumo MS					
kg/dia	1,37a	0,96b	1,20ab	0,92b	0,133
%/PV	1,68a	1,21b	1,48ab	1,12b	1,167
g/kg PV <sup>0,75</sup>	51a	36b	44ab	33b	0,004

<sup>1</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem pelo teste de Tukey-Kramer ( $P>0,05$ ). <sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

dos microrganismos, o que acarreta em melhor utilização da fibra pelos mesmos.

Na Tabela 6 estão os valores de pH ruminal para os diferentes tratamentos estudados, que foram semelhantes entre si ( $P>0,05$ ), valores médios próximos de 6,25. O pH do líquido ruminal afeta a degradação dos alimentos e o ideal varia de 5,5 a 7,2. Valores mais baixos podem ocorrer em intervalos de tempo curtos, após a alimentação com dietas ricas em concentrado (CHURCH, 1993). De acordo com VAN SOEST (1994), valores de pH inferiores a 6,2 inibem a taxa de digestão e aumentam o tempo de colonização para a degradação da parede celular das células vegetais.

As concentrações de nitrogênio amoniacal (Tabela 6) não mostraram diferença ( $P>0,05$ ) nos valores médios dos tempos estudados. Entretanto, houve maior concentração de N-NH<sub>3</sub> no líquido ruminal dos animais recebendo a torta de nabo forrageiro às 4 horas após a alimentação e pode ser justificada pela maior concentração de fração solúvel da PB encontrada nesse alimento em relação aos demais. Provavelmente faltou a energia, proveniente dos carboidratos, para que houvesse sincronização na utilização do nitrogênio, embora a porcentagem de CNF tenha sido maior para a torta de nabo forrageiro. Porém, o menor consumo de MS pode ter propiciado menor disponibilidade de carboidratos para os microrganismos, ocasionando então elevada concentração de nitrogênio no rúmen, devido ao seu menor aproveitamento para a síntese de proteína microbiana.

REIS e SILVA (2006) relataram que a concentração de amônia no rúmen pode ter efeito acentuado na ingestão voluntária, pois após a ingestão de silagem, a concentração de amônia no rúmen pode atingir 80

mg/dL. Entretanto, essa alta concentração não se relaciona ao conteúdo de N-NH<sub>3</sub> da silagem, mas à quantidade e solubilidade da fração protéica da mesma. Segundo OWENS e ZINN (1988) quando a fonte de nitrogênio predominante é uréia ou outra fonte de N não protéico, o pico de concentração de amônia ruminal ocorre 1 a 2 horas após a ingestão de alimentos. No entanto, quando a fonte de N predominante provém de proteína vegetal, o pico de concentração ocorre 3 a 4 horas após a alimentação.

O nível de amônia ruminal ótimo é em torno de 10 mg/dL, segundo VAN SOEST (1994). Entretanto, esse valor médio sofre variação já que as bactérias capazes de sintetizar proteína e captar amônia dependem da taxa de fermentação dos carboidratos. MEHREZ e ORSKOV (1977) sugerem valores ao redor de 24 mg/dL para o máximo desaparecimento do substrato. No presente estudo, foram observados teores acima dos valores de referência citados pelos autores.

Não ocorreu diferença significativa ( $P>0,05$ ) nos valores médios para as concentrações totais dos AGCC (Tabela 6) nos tratamentos estudados. Houve variação das concentrações em função do tempo, o que é esperado, já que as taxas de produção dos AGCC variam com o período após a ingestão. Quanto às concentrações de acetato, não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre tratamentos (Tabela 6). O menor valor médio obtido (47,70 mmol/L) foi observado em animais consumindo a torta de girassol. Já os animais alimentados com torta de cártamo apresentaram maior valor médio (53,90 mmol/L). Proporcionalmente, as concentrações de acetato foram maiores em relação aos demais ácidos, conforme relatos de HARMON *et al.* (1991) e KOZLOSKI (2009). Esses autores afirmam também que o acetato

**Tabela 6. Parâmetros ruminais, média dos tempos de coletas (0, 2, 4, 6 e 8 horas) do líquido ruminal de ovinos alimentados com dietas contendo tortas de cártamo, nabo forrageiro (nabo f.), girassol e crambe**

Parâmetros ruminais	Tortas <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>
	cártamo	nabo f.	girassol	crambe	
pH	6,31	6,20	6,35	6,24	0,12
N-NH <sub>3</sub> mg/100 mL	24,75 (1,34)	41,10 (1,58)	31,15 (1,45)	29,10 (1,42)	4,43 (0,07)
AGCC- totais mmol/L	80,73	81,92	80,06	79,95	7,55
Acetato mmol/L	53,90	51,78	47,70	51,54	5,15
Propionato mmol/L	20,99	21,61	26,36	21,83	1,91
Butirato mmol/L	5,84	8,52	5,99	6,57	0,89
Relação A:P	2,71	2,42	1,92	2,39	0,14

<sup>1</sup>As médias dos tratamentos não diferiram entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05). <sup>2</sup>EPM = erro padrão da média. (EPM) = erro padrão da média transformada em Log (x).

é o mais oxidado, sua formação resulta em máximo rendimento de energia para as bactérias e destina-se principalmente ao metabolismo energético de tecidos periféricos, além de ser o principal substrato utilizado para a lipogênese.

A fermentação da fibra propicia maior produção de acetato, o que explica o aumento numérico da concentração média no tratamento com a torta de cártamo. A torta de girassol produziu 26,36 mmol/L de acetato, porém não houve diferença (P>0,05) entre os valores médios dos alimentos. Esse aumento na média do tratamento com a torta de girassol foi compensado pela queda na produção média de acetato e consequente relação acetato:propionato mais baixa.

Não houve diferença significativa (P>0,05) nas concentrações de butirato entre os tratamentos (Tabela 6), ocorrendo variação de 5,84 a 8,52 mmol/L. As dietas com adição da torta de nabo forrageiro e torta de cártamo apresentaram maior e menor teor médio de butirato, respectivamente.

Para a relação acetato:propionato não houve diferença (P>0,05) entre as dietas contendo as tortas estudadas (Tabela 6). A menor relação média observada foi com animais consumindo a dieta com torta de girassol e a maior relação foi para a dieta com torta de cártamo. Durante a fermentação dos carboidratos a produção de acetato libera mais moléculas de hidrogênio do que na produção de propionato. A menor relação acetato:propionato pode refletir em menor produção de metano e consequentemente, maior eficiência de utilização da energia do alimento ingerido. Dessa forma, a relação acetato:propionato pode indicar a eficiência de utilização ruminal da energia.

A produção total de gases (PTG 24 h e PTG mL/g MS) foi maior (P<0,05) para a torta de nabo forrageiro (Tabela 7) e menor para a torta de cártamo, entretanto a produção total de AGCC no líquido ruminal dos ovinos, alimentados com as dietas contendo as tortas (Tabela 6), não foi diferente entre os tratamentos (P> 0,05). Esses valores foram obtidos *in vivo* com a coleta de líquido ruminal dos animais recebendo a dieta (tratamento) contendo as tortas, entretanto observa-se na dieta contendo a torta de nabo forrageiro uma diferença numérica superior em relação aos outros. Nos dados contidos na Tabela 8 para solubilidade inicial das tortas, a de nabo forrageiro foi que apresentou maior (P<0,05) solubilidade inicial da MS e PB (fração a) e a de cártamo a menor solubilidade, entre as quatro tortas avaliadas. Essa maior e menor solubilidade inicial pode justificar a maior e a menor produção de gases, respectivamente, observadas na Tabela 7 (PTG 24h).

Não houve diferença (P>0,05) para o fator de partição (FP) das tortas (Tabela 7). BLÜMMEL *et al.* (1997) descrevem que o FP é a matéria orgânica degradada e o volume cumulativo de gases produzido pela fermentação, que é um indicador de eficiência de síntese microbiana. Valores maiores de FP indicam que mais matéria orgânica é degradada e incorporada à massa microbiana por mL de gases produzidos (MAKKAR, 2004). Porém, quando o FP é menor pode indicar maior produção de gases que reflete em menor eficiência do processo fermentativo, com aumento na produção de CO<sub>2</sub> e metano (BLÜMMEL *et al.*, 1997). Os valores de FP observados no presente estudo estão acima dos indicados por MAKKAR (2004), que deve variar de

**Tabela 7. Total de gás produzido em 24 horas (PTG24h), produção total de gás na MS (PTGMS), produção de metano em 24 horas (PCH4 24h), produção de metano na MS (PCH4 MS), fator de partição (FP), degradabilidade da MS (DMS) e degradabilidade da MO (DMO) para as tortas de cártamo, nabo forrageiro (nabo f.), girassol e crambe *in vitro***

Variáveis	Tortas <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>
	cártamo	nabo f.	girassol	crambe	
PTG 24h	112,02c	194,45a	147,26b	152,50b	6,27
PTGMS (mL/g MS)	10,42c	14,72a	10,12c	12,73ab	0,58
PCH4 24 h (%)	4,15ab	4,39a	3,53b	4,35a	0,16
PCH4 MS (mL/g MS)	174,88b	256,47a	206,31b	210,47b	7,60
FP (mL/mg)	4,81	4,80	5,22	5,31	0,16
DMS (g/kg)	671,96c	1088,41a	927,30b	978,40ab	54,46
DMO (g/kg)	556,95c	997,43a	807,46b	860,99b	41,55

<sup>1</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem pelo teste de Tukey-Kramer ( $P>0,05$ ). <sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

**Tabela 8. Parâmetros da degradação ruminal da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) das tortas de cártamo, nabo forrageiro (nabo f.), girassol e crambe em ovinos**

Parâmetros (%)	Tortas <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>
	cártamo	nabo f.	girassol	crambe	
MS					
a <sup>3</sup>	19,64d	61,61a	34,08b	33,00c	0,23
b <sup>3</sup>	29,07b	27,01b	30,79ab	34,72a	1,05
c <sup>3</sup>	12,7ab	20,3a	16,1ab	9,4b	0,02
DP <sup>4</sup>	48,70c	88,62a	64,87b	67,72b	0,98
DE5 <sup>5</sup>	40,46c	83,25a	56,98b	54,00b	1,13
PB					
a	30,41d	58,25a	44,57c	50,63b	0,29
b	58,26a	36,66d	49,54b	40,24c	0,73
c	15,4b	41,7a	44,8a	15,2b	0,03
DP	88,67c	94,91a	94,10a	90,86b	0,54
DE5	74,32c	90,93a	89,06a	80,25b	1,00

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ( $P>0,05$ ). <sup>2</sup>EPM = erro padrão da média. <sup>3</sup>Parâmetros de Orskov e McDONALD (1979), onde a = fração solúvel, b= fração potencialmente degradável, c= taxa de degradação da fração b. <sup>4</sup>DP= degradabilidade potencial, <sup>5</sup>DE5= degradabilidade efetiva para as taxas de passagem iguais a 5%/hora.

2,74 a 4,41 mg de matéria orgânica degradada/mL de gases.

Em estudo realizado por ABDALLA *et al.* (2008), avaliando a utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes, observou-se correlação negativa ( $P < 0,05$ ) entre o fator de partição e a produção de metano. Contudo, SALLAM *et al.* (2009) estudaram a eficácia do óleo de eucalipto sobre a fermentação ruminal e produção de metano *in vitro* e obtiveram valores de FP de 4,97 e 6,92 mg de matéria orgânica degradada/mL de gases produzidos com adição de 100 e 150  $\mu$ L de óleo de eucalipto, respectivamente. Os autores relatam que esses altos valores de FP indicam que a solubilização do alimento contribuiu para a baixa degradação da MS, mas contribuiu para a produção de gases, entretanto, inibiu a fermentação ruminal.

A produção de gases provenientes da fermentação ruminal pode variar de acordo com a dieta utilizada. Sabe-se que quanto maior o teor de fibra de um ingrediente, maior será a porcentagem de metano liberado com base na energia bruta (GASTALDI, 2003). A torta de cártamo parece contradizer essa afirmação, apesar de seu maior conteúdo de fibra em relação às outras tortas avaliadas, foi a que apresentou a menor produção total de gases tanto *in vitro* como *in vivo*, entretanto foi a que mostrou a menor porcentagem de digestibilidade da matéria seca (DMS) e da matéria orgânica (DMO), e menor solubilidade inicial da MS e PB da fração "a", 19,64% e 30,41% respectivamente, no ensaio de degradabilidade *in situ* (Tabela 8). Assim, pode ser explicado esses menores valores *in vitro* e também, os altos teores de lignina da torta de cártamo devem ser considerados como importante fator de inibição da digestibilidade *in vitro* e *in situ*.

As frações solúveis da MS (Tabela 8) diferiram significativamente ( $P < 0,05$ ) entre todas as tortas estudadas. A de nabo forrageiro apresentou a maior fração solúvel da MS (61,61%), comparada aos demais tratamentos, resultado superior aos relatados por FORTALEZA *et al.* (2009) e COLLAO-SAENZ *et al.* (2009), em estudo com bovinos, que encontraram 31,26% e 17,34%, respectivamente. A torta de cártamo mostrou o menor valor para a fração solúvel da MS (19,64%) entre os tratamentos avaliados ( $P < 0,05$ ). Essa diferença na solubilidade da fração "a", provavelmente, é devido ao processo de extração do óleo, o excessivo aquecimento durante a prensagem dos grãos torna essa fração menos disponível ao ataque microbiano, pois ocorre à formação de compostos na Reação de Maillard, a proteína reage com os carboidratos, passando a fazer parte da fração FDA (VAN SOEST, 1994).

A fração potencialmente degradável seguiu a mesma tendência observada para a fração solúvel da MS das tortas (Tabela 8). GOES *et al.* (2010), encontraram valores superiores para a fração potencialmente degradável da MS para as tortas de girassol (73,70%) e crambe (53,99%). Entretanto, BERAN *et al.* (2005) relataram 13,19% da fração "b" da MS da torta de girassol, valor inferior ao descrito no atual trabalho. A torta de nabo forrageiro apresentou valor inferior ao divulgado por FORTALEZA *et al.* (2009) e COLLAO-SAENZ *et al.* (2009), para a fração potencialmente degradável da MS (57,90% e 67,40%, respectivamente).

A maior fração "c" da MS encontrada para a torta de nabo forrageiro (20,3%), não diferiu significativamente ( $P > 0,05$ ) das frações "c" das tortas de cártamo e girassol, 12,7% e 16,1%, respectivamente. A torta de crambe apresentou menor valor para esta fração (9,4%), apresentando diferença ( $P < 0,05$ ) somente em relação à torta de nabo forrageiro. As frações "c" encontradas neste estudo para a degradação da MS das tortas de girassol (16,1%) e nabo forrageiro (20,3%), foram superiores aos valores apresentados por COLLAO-SAENZ *et al.* (2009), que foram 5,9% e 7,5%, respectivamente.

Dentre os alimentos estudados, a torta de cártamo apresentou menores valores para a DP e DE 5%/h da matéria seca, diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) das demais, o que pode ser justificado pelo elevado teor de lignina (15,27%) presente na estrutura dos grãos desta planta (Tabela 2). As tortas de girassol e crambe não tiveram diferença entre si ( $P > 0,05$ ) para as frações DP e DE da MS. A torta de nabo forrageiro demonstrou maiores valores para estes parâmetros 88,62% e 83,25% respectivamente, provavelmente devido aos teores mais baixos de fibras e lignina. A degradabilidade efetiva da torta de crambe foi baixa (54%), embora as frações "a" e "b" estivessem relativamente altas, a taxa de degradação da fração "b" foi menor, sugerindo que o ambiente ruminal não foi propício para a ação dos microrganismos, o que pode ter sido provocado pelo consumo mais baixo, perda de peso ou excesso de fator antinutritivo (ácido erúico), que a torta de crambe possui.

A torta de nabo forrageiro apresentou maior taxa de degradação da MS, demonstrando elevada e rápida degradação ruminal. As variações dos parâmetros de degradação encontradas entre as tortas podem ser atribuídas às diferenças na composição bromatológica das mesmas, principalmente da FDN, FDA e lignina. Sabe-se que

maiores teores destas frações podem influenciar a degradação da MS. Portanto, a degradabilidade da MS da torta de cártamo foi mais baixa, possivelmente devido aos maiores teores destas frações, o que causou maior resistência em função das sementes possuírem maior porcentagem de fibras que as outras avaliadas.

As frações “a” e “b” da degradação da PB diferiram ( $P < 0,05$ ) entre todas as tortas avaliadas, em seu respectivo tratamento. Os maiores valores da fração solúvel foram observados para a torta de nabo forrageiro (58,25%) e para a torta de crambe (50,63%). Estes resultados foram superiores aos relatados por FORTALEZA *et al.* (2009), que encontraram 34,18% para a fração “a” da torta de nabo forrageiro e aos divulgados por GOES *et al.* (2010), que encontraram 20,12% desta fração para a torta de crambe. Os últimos autores também relataram valor inferior para a fração solúvel na torta de girassol (22,91%) comparado ao presente estudo, onde foi verificado 44,57% de fração “a” da PB nessa torta. A torta de cártamo apresentou maior valor da fração potencialmente degradável da PB (58,26%). O menor valor para esta fração foi observado para a torta de nabo forrageiro (36,66%), resultado bem inferior ao demonstrado por FORTALEZA *et al.* (2009) (61,92%) e por COLLAO-SAENZ *et al.* (2009) (67,40%). A torta de girassol apresentou valor superior (49,54%) ao verificado por BERAN *et al.* (2005), 6,61% para a fração potencialmente solúvel da PB.

Para a fração “c” da degradação da PB, as tortas de crambe e cártamo e as tortas de nabo forrageiro e girassol apresentaram efeitos semelhantes ( $P > 0,05$ ), em que os dois primeiros tratamentos mostraram os menores valores para este parâmetro, 15,2% e 15,4%, respectivamente. As tortas de nabo forrageiro e girassol apresentaram 41,7% e 44,8% para a fração “c”, respectivamente. Os valores encontrados para este parâmetro estão abaixo dos divulgados por GOES *et al.* (2010), que observaram 25,5% para a torta de girassol. Entretanto, esses autores relataram 14,73% para a torta de crambe, próximo ao obtido neste estudo.

Os valores encontrados para a degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva a taxa de 5%/h foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) entre a torta de girassol e nabo forrageiro (94,10% para DP, 89,06% para DE e 94,91% para DP, 90,93% para DE, respectivamente). A torta de cártamo apresentou menores valores para estas frações.

BERAN *et al.* (2005) relataram valor similar para a DP da PB da torta de girassol (96,08%), porém superior à DE (94,48%) para a mesma taxa de passagem. GOES *et al.* (2010), encontraram valores de

84,52% para DE na torta de girassol e 60,43% na torta de crambe, próximo à torta de girassol apresentada neste trabalho (89,06%) e bem inferior ao verificado na torta de crambe (80,25%). O valor da DP da PB para a torta de nabo forrageiro (94,91%) apresentou valor semelhante ao 96,06% relatado por FORTALEZA *et al.* (2009), porém superior (90,93%) ao divulgado pelos mesmos autores para a DE, que encontraram 57,82% para esta fração na mesma taxa de passagem.

Além da variação da composição bromatológica, outro fator que pode justificar as diferenças na degradação tanto da MS quanto da PB entre as tortas é o processo de extração do óleo pela prensagem dos grãos. Esse processo causa compactação e após a moagem pode gerar partículas menores, podendo aumentar a solubilização ou maior ação microbiana por aumentar a superfície de contato, fato observado nas tortas estudadas.

Quanto aos parâmetros sanguíneos (Tabela 9) houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os valores médios somente nos teores de colesterol e aspartato aminotransferase (AST) entre os tratamentos avaliados. Os valores observados de glicose estão dentro dos níveis esperados para ruminantes, que segundo CHURCH (1993) varia de 55 a 65 mg/dL em período de jejum.

A maior concentração de colesterol foi observada para o tratamento composto pela torta de crambe, que diferiu significativamente ( $P < 0,05$ ) das demais dietas. Esse aumento ocorreu provavelmente, de-vindo ao alto teor de extrato etéreo presente na dieta com torta de crambe, que pode levar ao aumento do colesterol sérico. No entanto, todos os níveis de colesterol encontrados ficaram dentro do valor de referência para ovinos (44,1 a 90,1 mg/dL, FRASER, 1997). OLIVEIRA *et al.* (2008) avaliaram dieta de cordeiros constituída por concentrado e volumoso (50:50) com níveis de inclusão de 0%, 7%, 14% e 21% de torta de dendê, e verificaram que as concentrações séricas de colesterol aumentaram com a inclusão do coproduto, consequência do aumento de extrato etéreo. Segundo os autores, os teores aumentaram de 49,04 mg/dL para 58,18 mg/dL, porém estão dentro dos valores de referência.

O colesterol é o precursor dos hormônios esteróides, vitamina D, ácidos biliares, além de ser o principal constituinte das membranas celulares e das micelas biliares. A HDL atua no transporte do colesterol dos tecidos até o fígado e a LDL do fígado aos tecidos. A predominância de LDL sobre HDL tende à maior deposição de colesterol nos tecidos, pois as HDL não conseguem captar o excesso de colesterol ou os tecidos não conseguem catabolizar o excesso de LDL, causando doenças. Neste estudo, pode-se observar que as HDL de todos os

**Tabela 9. Parâmetros sanguíneos de ovinos alimentados com dietas contendo tortas de cártamo, nabo forrageiro (nabo f.), girassol e crambe**

Parâmetros sanguíneos	Tortas <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>
	cártamo	nabo f.	girassol	crambe	
Glicose (mg/dL)	62,50	60,75	58,50	66,25	2,29
Colesterol (mg/dL)	66,75b	71,50b	70,00b	82,75a	6,60
LDL (mg/dL) <sup>3</sup>	23,00	20,75	24,25	25,50	5,31
HDL (mg/dL) <sup>4</sup>	48,25	47,25	51,00	52,25	6,71
AST (U/L) <sup>5</sup>	109,00cb	91,75c	132,50b	176,00a	11,70
ALT (U/L) <sup>6</sup>	13,50	13,00	15,75	15,25	3,08
Uréia (mg/dL)	22,50	24,00	20,00	20,50	2,77
Creatinina (mg/dL)	1,17	1,17	1,20	1,18	0,03

<sup>1</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05). <sup>2</sup>EPM = erro padrão da média. <sup>3</sup>LDL = lipoproteína de baixa densidade. <sup>4</sup>HDL = lipoproteína de alta densidade. <sup>5</sup>AST = aspartato aminotransferase. <sup>6</sup>ALT = alanina aminotransferase.

tratamentos estão em proporção bem maiores que as LDL, eliminando o risco de doenças por acúmulo do colesterol nos tecidos.

Os tratamentos compostos pelas tortas de crambe, girassol e nabo forrageiro mostraram diferença significativa (P<0,05) entre si para os teores de AST. A dieta com torta de cártamo diferiu apenas da torta de crambe. Foram evidenciados níveis elevados de AST nos tratamentos compostos pelas tortas de girassol e crambe (132,50 e 176,00 U/L, respectivamente), comparados aos valores de referência para ovinos (49-123,3 U/L, FRASER, 1997). O alto teor de AST nos animais consumindo a dieta com a torta de crambe pode indicar distúrbios hepáticos, que podem ter sido provocados pela alta concentração de ácido erúxico e extrato etéreo, que acarretou então em perda de peso dos animais e menor ingestão de matéria seca.

A mensuração da AST é indicada nas doenças sistêmicas que incluem perda de peso, hepatomegalia, vômito, diarreia, icterícia, ascite. A enzima está presente em grande quantidade nos hepatócitos, principalmente no interior das mitocôndrias. Seu aumento está relacionado a uma lesão hepatocelular. GONZÁLEZ *et al.* (2000), afirmaram que a enzima AST em níveis elevados, pode sugerir transtornos hepáticos. No entanto, não é um teste específico para o fígado, já que essa enzima também está presente em grandes quantidades no tecido muscular e nos eritrócitos. Já a alanina aminotransferase é uma enzima com boa especificidade para o fígado.

Embora as concentrações de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal dos animais tenham sido altas, as concentrações de uréia no sangue estiveram dentro do valor de referência (10,3 a 26,0 mg/dL, FRASER, 1997). De acordo com VALADARES *et al.* (1997), a concentração plasmática de uréia está relacionada à ingestão de compostos nitrogenados. Desta forma, sua determinação é importante na redução de custos na formulação de rações.

A creatinina apresentou valores próximos entre os tratamentos. É um teste utilizado na avaliação da função renal. A formação diária de creatinina depende da quantidade total de creatina corporal, que está relacionada com a ingestão dietética, massa muscular e taxa de síntese de creatina. Sua concentração sérica não só dependente da taxa de filtração renal, mas também da massa muscular, idade e alimentação. Em todas as espécies de mamíferos, a creatinina é livremente filtrada nos glomérulos e sua concentração no filtrado glomerular é igual à concentração plasmática. Dessa forma, qualquer alteração na taxa de filtração, reflete-se nos níveis séricos de creatinina.

SILVA *et al.* (2010) avaliaram o efeito da inclusão de fontes lipídicas na dieta de cabras, consumindo capim-elefante como volumoso. Os tratamentos foram dieta sem suplementação lipídica, semente de faveleira, torta de faveleira e caroço de algodão. Os autores concluíram que as concentrações de glicose não foram influenciadas pela suplementação lipídi-

ca em relação à dieta controle, obtendo-se média de 62,85 mg/dL. Quanto aos níveis de colesterol, eles observaram menor concentração na dieta sem suplementação lipídica. Segundo os autores, os níveis de creatinina não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, permanecendo dentro dos valores normais. A concentração da enzima AST foi menor para a dieta controle e todos os tratamentos permaneceram dentro dos níveis de referência. As concentrações de uréia foram semelhantes entre as dietas, porém os resultados obtidos ficaram acima do valor de referência (média de 67,5 mg/dL).

## CONCLUSÕES

As tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe possuem características nutricionais que as qualificam como potenciais fontes de proteína para ovinos. Forneceram ambiente propício às atividades dos microrganismos ruminais, demonstrado pelos parâmetros ruminais AGCC e pH e pelas avaliações *in vitro* de produção total de gás e metano. De acordo com os perfis de degradação obtidos, os coprodutos podem ser adicionados a dietas de ruminantes, porém as tortas de nabo forrageiro e crambe necessitam de maior atenção por terem apresentado menor consumo e perda de peso dos animais.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, A.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de alimentação de biodiesel para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, p.260-268, 2008.
- ANTONELLI, A.C. **Avaliação do uso de um sal mineral rico em molibdênio na prevenção da intoxicação cúprica acumulativa em ovinos.** 2007, 166f. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – USP, São Paulo, 2007.
- AOAC - ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**, Washington, D.C.: Association of Analytical Chemists, 1995, 1051p.
- BERAN F.H.B.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A.; CASTRO, V.S.; CORREA, R.A. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. *Semina: Ciências Agrárias*, v.26, p. 405-418, 2005.
- BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.77, p.24-34, 1997.
- BOZDOGAN, H. Model selection and Akaike's information criterion (AIC): the general theory and its analytical extensions. *Psychometrika*, v.52, p.345-370, 1987.
- BRASI, L.A.C.S.; DENUCCI, S.; PORTAS, A.A. **Nabo: adubo verde, forragem e bioenergia.** 2008. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_2/nabo](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/nabo)> Acesso em: 04 fev. 2013.
- BUENO, I.S.; CABRAL FILHO, S.L.S.; GOBBO, S.P.; LOUVANDINI, H.; VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L. Influence of inoculum source in a gas production method. *Animal Feed Science and Technology*, v.123-124, p.95-105, 2005.
- CANOVA, E.B. **Torta de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na alimentação de cordeiros.** 2011, 55 f. Dissertação (Mestrado em Produção de Animal Sustentável) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, 2011.
- CARVALHO, M.G.; COSTA, A. Avaliação do valor fertilizante de tortas oleaginosas para adubação orgânica. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.4, p.2883-2887, 2009.
- CHURCH, D.C.; POND, W.G.; POND, K.R. **Fundamentos de nutrición y alimentación de animales.** México: Limusa Wiley, 2004. 635p.
- CHURCH, D.C. **El Rumiante: fisiología digestiva y nutrición.** Zaragoza: Acribia, 1993. 641p.
- COLLAO-SAENZE, E.A.; CASTRO, A.L.A.; BANYS, V.L.; SIMOES JUNIOR, S.C.; DAVID, F.M. Degradabilidade ruminal *in situ* de co-produtos da indústria de biodiesel – torta de girassol e torta de nabo forrageiro. In: ZOOTEC, 2009, Águas de Lindóia. *Anais... Águas de Lindóia: FZEA/USP-ABZ*, 2009. p.1-3.
- DEMIRBAS, A. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. *Progress in Energy and Combustion Science*, v.31, p.466-487, 2005.
- ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, v.44, p. 1768-1771, 1961.

- FENNER, H. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v.48, p.249-251, 1965.
- FERRARI, R.A.; POSSENTI, R.A.; PAULINO, V.T. Potencial de produção de co-produtos da indústria de oleaginosas. In: WORKSHOP USO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA BIOENERGÉTICA PARA PRODUÇÃO ANIMAL, 2008. Nova Odessa-SP. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia: 2008. CD-ROOM.
- FIRESTONE, D. (ed.). **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society**. 5<sup>th</sup> ed. rev. Champaign: AOAC. 2007. (met Ce 1e-91, Ce 1f-96, Ce 1-62. Current through Revision 1, 2008).
- FORTALEZA, A.P.S.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A.; BARBERO, R.P.; MASSARO JR.; F.L.; SANTOS, A.X.; CASTRO, V.S.; CASTRO, F.A.B. Degradabilidade ruminal *in situ* dos componentes nutritivos de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, p.481-496, 2009.
- FRASER, C.M. **Manual merck de veterinária**. 7. ed. São Paulo: Roca, 1997. 2169p.
- GASTALDI, K.A. **Produção *in vitro* de metano, dióxido de carbono e oxigênio utilizando líquido ruminal de bovinos alimentados com diferentes rações**. 2003, 95f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2003.
- GIAYETTO, O.; FERNANDEZ, E.M.; ASNAL, W.E.; CERIONI, G.A.; CHOLAKY, L. Comportamiento de cultivares de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la region de Rio Cuarto, Cordoba (Argentina). **Revista Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales**, v.14, p.203-215, 1999.
- GOES, R.; SOUZA, K.; PATUTUSSI, R.; CORNELIO, T.; OLIVEIRA, E.; BRABES, K. Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum**, v. 32, p.271-277, 2010.
- GONZÁLEZ, F.H.D. Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: GONZÁLEZ, F.H.D. ; BARCELLOS, J.; PATINÕ, H.O.; RIBEIRO, L.A.(ed.). **O perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. 63-74.
- KREIKEMEIER, K.K.; BAUER, M.L.; BRITTON, R.A. Influence of dietary forage and energy intake on metabolism of acil-CoA synthetase activity in bovine ruminal epithelial tissue. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4117-4127, 1991.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Review**, v.65, p.64-93, 1995.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2009. 216p.
- KRAMER, J.K.G.; MAHADEVAN, S.; HUNT, J.R.; SAUER, F.D.; CORNER, A.H.; CHARLTON, K.M. Growth rate, lipid composition, metabolism and myocardial lesions of rats fed rapeseed oils (*Brassica campestris* var. Arlo, Echo and Span, and *B. napus* var. Oro). **The Journal of Nutrition**, v.103, p.1696-1708, 1973.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LITTEL, R.C. **SAS system for mixed models**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1996. 633p.
- LONGO, C.; BUENO, I.C.S.; NOZELLA, E.F. The influence of head-space and inoculum dilution on *in vitro* ruminal methane measurements. **International Congress Series**, v.1293, p.62-65, 2006.
- MAKKAR, H.P.S. Recent advances in the *in vitro* gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. In: FAO. **Assessing quality and safety of animal feeds**. Rome: FAO, 2004. p. 55-88. (FAO Animal Production and Health Series 160).
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. **The Journal of Agricultural Science**, v.88, p.645-665, 1977.
- MELLO, D.F.; FRANZOLIN; FERNANDES, L.B.; FRANCO, A.V.M.; ALVES, T.C. 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**, v.9, p.45-56, 2008.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids**. Washington: National Academy Press, 2007. 384p.

- OLIVEIRA, R.L.; NUNES, A.S.; AYRES, M.C.C.; BAGALDO, R.A.; RIBEIRO, M.D.; BARBOSA, L.P.; MALTA, D.; DOREA, R.D. Perfil sérico de triglicérides e colesterol em cordeiros submetidos a dietas com níveis de torta de dendê (Palmiste). In: ZOOTEC 2008. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, UFPB/ABZ, 2008.p.1-3. Disponível em: < [http://www.abz.org.br/files.php?file=documentos/ztc2008\\_007\\_0530\\_634040869.pdf](http://www.abz.org.br/files.php?file=documentos/ztc2008_007_0530_634040869.pdf) > Acesso em: 24 abr. 2013.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agriculture Science**, v.92, p. 499-503, 1979.
- OWENS, F.N.; ZINN, R. Metabolismo de la proteína en los rumiantes. In: CHURCH, D.C. **El rumiante: fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1988. p.255-281.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 467p.
- REIS, R.A.; SILVA, S.C. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. cap. 4, p.79-103.
- SALLAM, S.M.A.; BUENO, I.C.S.; BRIGIDE, P.; GODOY, P.B.; VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L. Efficacy of eucalyptus oil on *in vitro* ruminal fermentation and methane production. **Options Méditerranéennes**, n.85, p.267-272, 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235p.
- SILVA, G.L.S.; AZEVEDO, A.M.; AZEVEDO, S.A. NOBREGA, G.H.; PEREIRA, J.M.F.; MENDES, R.S. Efeito da inclusão de fontes lipídicas na dieta de cabras em lactação sobre os parâmetros sanguíneos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.233-239, 2010.
- SLUSZZ, T.; MACHADO, J.A.D. Potencialidades agrônômica, econômica e social das principais oleaginosas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 11., 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, v.1, p.1-1, 2006.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, A.D.V.; FÁVARO, P.S.; ÍTAVO, L.C.V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1328-1335, 2009.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583- 3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2 ed. Ithaca: Cornell University, 1994, 476p.
- ZAMBOM, M.; SANTOS, G.T.; ES, D.G.; SILVA, C.D.; SILVA, K.T.; FAUSTINO, J.O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, v. 3, p. 937-943, 2001.