



RAYANA BRITO DA SILVA

**SUBSTITUIÇÃO DE FARELO DE SOJA POR
TORTA DE CRAMBE PARA OVINOS EM
CRESCIMENTO**

LAVRAS – MG

2013

RAYANA BRITO DA SILVA

**SUBSTITUIÇÃO DE FARELO DE SOJA POR TORTA DE CRAMBE
PARA OVINOS EM CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. José Cleto da Silva Filho

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Silva, Rayana Brito da.

Substituição de farelo de soja por torta de crambe para ovinos em
crescimento / Rayana Brito da Silva. – Lavras : UFLA, 2013.
57 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.
Orientador: José Cleto da Silva Filho.
Bibliografia.

1. Coproduto. 2. Digestibilidade. 3. Desempenho. 4. Hormônios
T3 e T4. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.308557

RAYANA BRITO DA SILVA

**SUBSTITUIÇÃO DE FARELO DE SOJA POR TORTA DE CRAMBE
PARA OVINOS EM CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 15 de maio de 2013

Dr. Marcos Neves Pereira UFLA

Dra. Nadja Gomes Alves UFLA

Dr. Diogo Gonzaga Jayme UFMG

Orientador

Dr. José Cleto da Silva Filho

LAVRAS – MG

2013

A DEUS e a toda a minha família

OFEREÇO

A fé é um modo de já possuir aquilo que se espera,
é um meio de conhecer realidades que não se veem
(HEBREUS, 11:1).

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me conceder a graça da vida, pela presença em todos os momentos e pela fé concedida durante toda a minha caminhada.

À minha mãe, Sirlene; ao Vicente e ao meu irmão, Rafael, pelo apoio incondicional e compreensão.

Aos meus tios Jarley, Jacy, Rogério, Cici e Katia, pela torcida e motivação.

À minha avó Glorinha e avô Amarildo, pelo amor.

Ao meu namorado, Leandro, pela confiança, paciência, força e alegrias.

Ao meu orientador, José Cleto, por ter acreditado em mim, pela orientação neste trabalho, por me auxiliar no meu desenvolvimento profissional e pela amizade.

À professora Iraídes Furucho, Nadja Gomes e ao GAO, pelo apoio.

Aos colegas que contribuíram na execução do trabalho: Amanda, Karina, Daiana, Lorena, Isa, Juliana Maria e ao corajoso Marco Aurélio.

Ao professor Marcos Neves e ao Grupo do Leite, pela contribuição científica e ajuda.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar este trabalho e à FAPEMIG, pela bolsa, fico muito grata.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, pela ajuda.

À Fundação Mato Grosso do Sul, pela doação da torta de crambe para a realização deste trabalho.

A todos que ajudaram para a realização dessa etapa da minha vida,
MUITO OBRIGADA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
1.1 Produção de biodiesel no Brasil.....	15
1.2 A cultura de crambe (<i>Crambe abyssinica</i> Hortsh)	17
1.3 Produção e composição dos coprodutos de crambe	18
1.4 Coprodutos de crambe na alimentação de ruminantes	21
1.5 Glucosinolatos.....	24
1.6 Ácido erúcido.....	27
1.7 Metabólitos sanguíneos: alanina aminotransferase, gama glutamilttransferase, ureia e hormônios da tireoide	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÃO.....	48
6. REFERÊNCIAS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Matérias-primas utilizadas na produção do biodiesel, no Brasil, em 2010.....	16
Tabela 2. Composição bromatológica dos coprodutos de crambe.....	20
Tabela 3. Conteúdo de glucosinolatos em coprodutos de crambe [$\mu\text{mol/kg MS}$].....	25
Tabela 4. Composição do óleo de crambe.....	28
Tabela 5 Composição bromatológica dos alimentos (% da MS).....	32
Tabela 6. Composição das dietas oferecidas em ingredientes e das dietas consumidas em nutrientes nos tratamentos controle (T0) e 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.....	33
Tabela 7. Composição de aminoácidos do crambe.....	37
Tabela 8. Consumo de matéria seca e desempenho de cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.....	39
Tabela 9. Valores médios para os consumos de nutrientes de cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.....	41
Tabela 10. Digestibilidade aparente de nutrientes no trato digestivo total (% do consumido) de cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.....	42
Tabela 11. Atividade mastigatória, proporção do consumo e refeição condicionada em cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.....	44
Tabela 12. Nitrogênio ureico no plasma (NUP), enzimas Gama glutamiltransferase (GGT), alanina transaminase (ALT), hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), em cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.....	45

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Consumo de matéria seca (CMS) de cordeiras nos tratamentos controle (◆), inclusão de 4 % (■), 8% (●) e 12% (▲) torta de crambe. $P=0,05$ para o efeito de tratamento, $P<0,01$ para o efeito de semana, $P=0,53$ para a interação entre tratamento e semana.38
- Figura 2. Nitrogênio ureico no plasma (NUP) de cordeiras nos tratamentos controle (◆), inclusão de 4 % (■), 8% (●) e 12% (▲)de torta de crambe. $P=0,07$ para o efeito de tratamento, $P<0,01$ para o efeito de tempo, $P=0,41$ para a interação entre tratamento e tempo.....47

RESUMO

SILVA, Rayana Brito. Substituição de farelo de soja por torta de crambe para ovinos em crescimento. 2013. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, MG

O crambe é uma alternativa de cultura de inverno para a produção de biodiesel e seus coprodutos podem ser utilizados na alimentação de ruminantes como fonte proteica. Objetivou-se avaliar o desempenho, a digestibilidade e os parâmetros sanguíneos de cordeiras mestiças Santa Inês x Dorper alimentadas com teores dietéticos crescentes de torta de crambe. Trinta e duas borregas ($17,1 \pm 0,28$ kg) foram blocadas em quatro tratamentos por 118 dias. Os tratamentos foram 0%, 4%, 8% e 12% de MS de torta de crambe na dieta. Os dados obtidos ao longo do tempo foram analisados como medidas repetidas ajustada para covariável pelo PROC MIXED do SAS. As variáveis mensuradas apenas uma vez foram analisadas pelo GLM. Valores de probabilidade abaixo de 0,05 foram considerados significativos e, abaixo de 0,10, como tendência. O aumento da inclusão de torta de crambe reduziu o consumo de matéria seca ($P=0,05$) e o ganho de peso diário ($P=0,07$), com efeito linear decrescente. No tratamento controle foram observadas maior ingestão diária de FDN ($P<0,01$), de cinzas ($P<0,01$), de CNF ($P<0,01$) e de PB ($P=0,02$), e menor ingestão de EE ($P<0,01$). Houve efeito de tratamento sobre a digestibilidade da FDN ($P=0,03$) com efeito linear decrescente ($P<0,01$), variando de 65,2 para 47,9. Foi detectado efeito da inclusão de torta de crambe sobre o tempo da refeição condicionada ($P=0,02$). O hormônio T3 ($P=0,71$) e as enzimas ALT ($P=0,66$) e GGT ($P=0,42$) não foram alterados. Porém, foi observado efeito linear decrescente para o hormônio T4 ($P=0,05$) e para o nitrogênio ureico no plasma ($P=0,04$). A inclusão de torta de crambe na dieta de ruminantes não tem alto potencial de uso e sugere-se a inclusão de até 4% na matéria seca da dieta de ovinos em crescimento.

Palavras-chave: Coproduto. Digestibilidade. Desempenho. Hormônios T3 e T4.

ABSTRACT

SILVA, Rayana Brito. **Replacement of soybean meal by crambe cake for growing sheep**. 2013. 57p. Dissertation (Master in Program Animal Science) Universidade Federal de Lavras, MG.

The Crambe is an alternative winter crop for the production of biodiesel and its byproducts can be fed to ruminants as a protein source. The aim of this study was to evaluate the performance, digestibility and blood parameters of crossbred Santa Inês x Dorper lambs fed increasing levels of crambe cake. Thirty-two lambs (17.1 ± 0.28 kg) were allocated to four treatments in a randomized block design for a period of 118 days. The treatments consisted on the inclusion of 0, 4, 8 and 12% of crambe cake in the diet, dry matter basis. Data collected over time were analyzed as repeated measures adjusted for covariate using the PROC MIXED of SAS. The variables measured only once were analyzed by PROC GLM. Probability values below 0.05 were considered significant and below 0.10 as tendency. Increasing levels of crambe cake reduced dry matter intake ($P = 0.05$) and daily weight gain ($P = 0.07$) with decreasing linear effect. The control treatment showed a higher daily intake of NDF ($P = 0.02$), ash ($P = 0.05$), NFC ($P = 0.01$) and CP ($P = 0.12$) and a lower intake of EE ($P < 0.01$). There was treatment effect on digestibility of NDF ($P = 0.03$) with a decreasing linear effect ($P < 0.01$), ranging from 65.2 to 47.9. The inclusion of crambe cake had effect on time of conditioned meal ($P = 0.02$). The T3 hormone ($P = 0.71$) and the enzymes ALT ($P = 0.66$) and GGT ($P = 0.42$) were not altered, while a decreasing linear effect was observed on T4 hormone ($P = 0.05$) and plasma urea nitrogen ($P = 0.04$). The inclusion of crambe cake in ruminant diets does not have a high potential use, and it is suggested to include only up to 4%, dry matter basis, in growing sheep diets.

Keywords: Coproduct. Digestibility. Performance. T3 and T4 Hormones.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 80% da produção do biodiesel no Brasil são oriundos da extração de grãos de soja. Porém, existe grande variedade de oleaginosas com potencial para a produção de biocombustíveis, dentre as quais se destaca o crambe (*Crambe abyssinica* Hoeschst). Os coprodutos gerados da extração do óleo, geralmente, não passam por processo de agregação de valor, pois suas potencialidades nutricionais e econômicas são desconhecidas, exceto as de algumas culturas já estabelecidas, como soja, algodão e girassol (ABDALLA et al., 2008).

A produção de biodiesel no Brasil está, basicamente, alicerçada em culturas de primavera/verão. O crambe é uma alternativa de cultura de inverno que apresenta resistência a baixas temperaturas e pode ser utilizada na entressafra da soja e ser cultivada em vários estados brasileiros. Os grãos de crambe apresentam grande superioridade de extração de óleo, quando comparados ao de outras oleaginosas. As sementes de crambe têm, aproximadamente, 35%-37% de óleo, enquanto o teor de óleo da soja é de 19%. A torta e o farelo de crambe são estudados na alimentação de ruminantes como suplemento proteico rico em aminoácidos, como cisteína, metionina, lisina e treonina (PERRY et al., 1979).

O coproduto do crambe pode substituir ingredientes proteicos convencionais utilizados nas rações para ruminantes, como o farelo de soja, o que pode promover a diminuição dos custos na alimentação. O farelo e a torta de crambe têm o glucosinolato como fator antinutricional, sendo vários os efeitos desse composto sobre o organismo animal,

podendo diminuir o consumo de alimento, causar queda no desempenho e provocar distúrbios nos hormônios da tireoide. O óleo das sementes de crambe é rico em ácido erúxico, ingrediente utilizado na manufatura da borracha sintética (FUNDAÇÃO DO MATO GROSSO DO SUL - FUNDAÇÃO MS, 2007). O efeito desse ácido sobre a saúde e o desempenho animal não está totalmente elucidado, porém, existem evidências de que o ácido erúxico pode causar lesões no miocárdio.

Devido à sua recente implantação no Brasil e aos escassos estudos sobre seu uso na nutrição animal, torna-se necessário avaliar esse coproduto na alimentação de ruminantes, para permitir a adequada utilização e a otimização do seu uso. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho, a digestibilidade e os metabólitos sanguíneos de cordeiras mestiças Santa Inês x Dorper alimentadas com teores crescentes de torta de crambe.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Produção de biodiesel no Brasil

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, podendo ser produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais, que emite menos poluente que o diesel (BRASIL, 2005).

Polizel et al. (2006) delineiam os processos de produção convencional do biodiesel em sete fases, que são: 1) preparação da matéria-prima, fase em que o material é submetido a um processo de desumidificação, lavagem e secagem; 2) reação de transesterificação, etapa da conversão do óleo/gordura em ésteres etílicos, reação que ocorre na presença de catalisadores, sendo o hidróxido de sódio, comumente, o mais utilizado; 3) separação das fases, consiste na desagregação da glicerina bruta (fase pesada) da mistura de ésteres metílicos (fase leve); 4) recuperação do álcool da glicerina na fase pesada com eliminação dos conteúdos voláteis contidos na glicerina bruta; 5) recuperação do álcool dos ésteres; na fase leve, os ésteres metílicos e etílicos contidos no conteúdo volátil são eliminados; 6) a desidratação do álcool ocorre com a separação da umidade do álcool pelo processo de destilação, e a fase final, com 8) a purificação dos ésteres, etapa na qual ocorrem os processos de lavagem, centrifugação e desumidificação dos ésteres, que resultam no biodiesel.

Atualmente, com as discussões sobre a preservação do meio ambiente e fatores relacionados com a disponibilidade e o preço do petróleo, o setor energético brasileiro tem discutido o interesse em utilizar o biodiesel. O Brasil, por se tratar de um país tropical, com dimensões continentais, é considerado promissor para a produção de óleos vegetais, com o aproveitamento das diferentes potencialidades regionais (PARENTE et al., 2003).

A produção do biodiesel apresenta vantagens do ponto de vista econômico, social e ambiental. O aspecto econômico é resultante da redução da importação do óleo diesel; os benefícios ambientais estão relacionados com as reduções líquidas de CO₂ e a importância social está relacionada com a geração de renda complementar para as famílias, por meio de programas de lavoura familiar (LIMA, 2004).

Na Tabela 1 são apresentadas as principais matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel, em 2010. Segundo Abdalla et al. (2008), existem outras oleaginosas com potencial para a produção do biodiesel, tais como amendoim, babaçu, canola, palma, gergelim, girassol, mamona e pinhão-manso.

Tabela 1. Matérias-primas utilizadas na produção do biodiesel, no Brasil, em 2010.

Matéria-prima	Média da produção anual do biocombustível (%)
Óleo de soja	82,15
Óleo de algodão	28,99
Sebo bovino	13,02
Outros materiais graxos	1,69
Óleo de nabo forrageiro	0,39
Óleo de palma	0,33
Óleo de fritura usado	0,21
Gordura de porco	0,19
Óleo de amendoim	0,11
Gordura de frango	0,11
Óleo de sésamo	0,10
Óleo de girassol	0,02

Fonte: Anuário... (2011)

A produção do biodiesel apresenta vantagem econômica, social e ambiental. O aspecto econômico é resultante da redução da importação do óleo diesel, os benefícios ambientais estão relacionados com as reduções líquidas de CO₂ e a importância social esta relacionada a gerar renda complementar para as famílias, por meio de programas de lavoura familiar (LIMA, 2004).

Para o melhor desenvolvimento do biodiesel no Brasil é necessária a integração dos esforços do governo e do empreendedorismo (CAMPOS; CARMÉLIO, 2009). Diante disso, o biodiesel deverá atingir competitividade, à medida que avançam as pesquisas e os conhecimentos tecnológicos.

1.2 A cultura de crambe (*Crambe abyssinica* Hortsh)

O crambe pertence à família Cruciferae, uma oleaginosa originada no Mediterrâneo. A planta tem sido cultivada, na África, na Ásia, na Europa, nos Estados Unidos, no México e na América do Sul, como cultura para cobertura do solo (TONISSI et al., 2010). A planta de crambe é caracterizada como anual, ereta, com altura entre 70 a 90 cm; as flores são brancas, numerosas e pequenas; as folhas são ovais e assimétricas e o grão é redondo, revestido com uma casca cinza e apresenta ciclo curto de, aproximadamente, 100 dias (FUNDAÇÃO MS, 2007). Próximo à época de colheita, a maior parte das folhas cai, os caules superiores apresentam-se amarelados e, aproximadamente, 75% dos frutos estão marrons (DESAI, 2004).

Na década de 1990, foram introduzidas, no Brasil, sementes de crambe vindas do México, as quais foram selecionadas por pesquisadores da Fundação Mato Grosso do Sul, originando a cultivar FMS Brilhante, produtiva e adaptada às condições brasileiras (PITOL; BROCH; ROSCOE, 2010). O crambe pode ser plantado nos meses de abril e maio, uma alternativa para a safrinha, pois o plantio pode ser realizado após a colheita da soja. Apresenta resistência à seca,

não tolera acidez do solo, exige boa fertilidade e a produtividade média é de 1.000 a 1.800 kg/ha (FUNDAÇÃO MS, 2007). Essa planta é tolerante ao frio e a temperaturas de até 3 °C negativos (FARIA, 2010), comportando-se como cultura de outono/inverno (NEVES et al., 2007).

Faria (2010) caracteriza essa planta como sendo um vegetal arbustivo que se desenvolve em diferentes condições climáticas, desde a região sul do país, até climas quentes e secos, como no centro-oeste brasileiro. O crambe apresenta baixo custo de produção, sendo a cultura totalmente mecanizada e adaptada ao plantio direto, podendo-se utilizar os mesmos implementos agrícolas que são empregados no plantio de grãos miúdos.

Inicialmente, o cultivo dessa planta visava à cobertura de solo e era adotado como alternativa para a rotação de cultura. Os pesquisadores nacionais tiveram acesso à cultivar FMS Brilhante, comercializada pela Fundação Mato Grosso do Sul, com o objetivo de avaliar a produtividade dessa cultura. Após pesquisas, o interesse pelo crambe surgiu, devido ao seu potencial para a produção de óleo vegetal. O óleo do crambe é constituído de 57% de ácido erúico (base na matéria seca), um ácido graxo de cadeia longa que tem alto valor industrial (OLIVA, 2010). Jasper (2009) concluiu, após análise, que o biodiesel do *Crambe abyssinica* Hochst está de acordo com normas estabelecidas na Resolução nº 7 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2013). O estímulo à produção de biodiesel ajudou a resgatar o interesse pelo crambe, em virtude da sua superioridade de extração de óleo em relação a outras espécies de oleaginosas (FARIA, 2010).

1.3 Produção e composição dos coprodutos de crambe

Os estados Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais (Triângulo Mineiro) e Mato Grosso são, atualmente, os que produzem crambe. A produção

estimada de 2012 foi de 10.000 hectares, com previsão de um possível aumento para a produção de 2013 (FUNDAÇÃO MS, 2007). As empresas que atuam na compra e no esmagamento de crambe no Brasil são a Caramuru (unidade de Itumbiara, GO) e a Granol (Unidade de Osvaldo Cruz, SP).

Várias pesquisas estão sendo realizadas no Brasil, principalmente pesquisas agrônomicas, para conhecer e detalhar o processo de plantio do crambe (CONCENÇO et al., 2012; PITOL; BROCH; ROSCOE, 2010), os tratos culturais (OLIVEIRA NETO et al., 2011), as adubações (ROGÉRIO et al., 2012) e os caracteres morfológicos e produtivos (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010). Estas pesquisas contribuem para o estabelecimento e a ampliação das áreas de cultivo, o que pode promover um aumento na produção do crambe, no Brasil, nos próximos anos.

As tortas são obtidas após a extração mecânica do óleo e dos farelos, por meio da extração por solventes. Os farelos geram resíduos com menor teor de óleo, quando comparados aos das tortas. Apesar da menor eficiência da retirada do óleo por meio da extração por prensagem, esse processo possibilita um sistema mais viável em pequena escala, por não depender das exigências de instalações e de segurança inerentes ao processamento com uso de solvente (NEIVA JÚNIOR et al., 2007). A composição bromatológica de coprodutos de crambe é variada, principalmente para os valores de proteína bruta e extrato etéreo (Tabela 2).

Tabela 2. Composição bromatológica dos coprodutos de crambe

Coproduto	Torta	Torta	Torta	Farelo
MS	91,18	92,72	86,37	84,59
PB	31,73	24,67	32,61	43,11
EE	15,88	29,60	18,40	0,56
FDN	-	29,34	27,64	35,77
Cinzas	6,30	5,47	-	-
CNF	-	10,92	13,40	12,12
Amido	-	-	0,76	2,13
Lignina	-	8,74	3,06	3,12
Cutina	-	-	3,94	6,69
Referência	1	2	3	3

¹Souza et al. (2009) ²Brás (2011) ³Carrera et al. (2012); (-) Valores não determinados.

As variações na composição nutricional estão relacionadas com os processos empregados durante a extração das sementes. Carrera et al. (2012), avaliando o perfil químico da proteína bruta de coprodutos da indústria do biodiesel, relataram valores de 43,35 de NNP; fração B1 de 3,60; fração B2 de 46,72; fração B3 de 3,14 e fração C de 3,22, para a torta de crambe. Esses mesmos autores avaliaram também algumas características digestivas e encontraram valores de proteína degradável no rúmen (PDR) de 92,44 e proteína não degradável no rúmen (PNDR) de 7,56; digestibilidade intestinal da PNDR de 15,49 e proteína não degradável insolúvel em detergente neutro de 1,05. A torta de crambe apresenta, em sua composição mineral, 39,50 g/kg de nitrogênio, 8,10 g/kg de fósforo, 7,70 g/kg de cálcio, 3,10 g/kg de magnésio, 7,10 g/kg de potássio, 7,70 g/kg de enxofre, 10,45 mg/kg de cobre, 270,70 mg/kg de ferro e 32,52 mg/kg de manganês (BRÁS, 2011).

1.4 Coprodutos de crambe na alimentação de ruminantes

As tortas e os farelos que são oriundos da extração de oleaginosas para a produção do biodiesel podem ser utilizados na alimentação de ruminantes (ABDALLA et al., 2008). A utilização desses resíduos propicia menor custo de produção e o reaproveitamento de matéria orgânica de origem vegetal (BRÁS, 2011). Os coprodutos de crambe podem ser utilizados na alimentação animal como suplemento proteico (CARLSON; TOOKEY, 1983); o uso do farelo e da torta vem sendo estudado com resultados diversos.

Lambert et al. (1970) conduziram cinco experimentos para avaliar a substituição de farelo de soja por farelo de crambe com ou sem casca (0%, 33%, 67% e 100%) sobre o desempenho de novilhos de corte. No primeiro experimento, foram utilizados 40 animais, durante 196 dias de confinamento e foram observadas reduções de 34% no consumo de matéria seca, de 27% no ganho diário de peso e de 3,4% no rendimento da carcaça, para os animais alimentados com farelo de crambe sem casca. No segundo experimento, 20 animais foram estudados e foi relatada menor digestibilidade (%) de matéria seca, proteína bruta e energia digestível, contudo, sem alteração sobre a retenção de nitrogênio (g/dia). O terceiro experimento foi composto por 20 novilhos, durante 135 dias, tendo sido proposta a utilização de espiga de milho ou casca de crambe, como forragem na dieta e foram observados queda no consumo de matéria seca e ganho diário de peso para os animais alimentados com casca de crambe. No quarto experimento, o farelo de crambe foi tratado com vapor associado ao carbonato e somente com vapor, para avaliar a aceitabilidade das dietas. Houve tendência ($P < 0,10$) no aumento do consumo para o farelo de crambe tratado com calor e carbonato e, no quinto experimento, os farelos de crambe com e sem casca foram tratados ambos com vapor associado ao

carbonato e somente com vapor sobre o desempenho de novilhos, durante 112 dias e não foi observada alteração sobre o desempenho de novilhos alimentados com farelo de crambe tratado.

Anderson et al. (1993) utilizaram 72 novilhos de corte com o objetivo de avaliar a substituição de 0%, 33%, 67% e 100% de farelo de soja por farelo de crambe. As dietas foram isonitrogenadas com média de 12,2% de PB. O consumo de farelo de crambe foi de 0; 0,43; 0,87 e 1,31 kg, para a substituição de 0%, 33%, 67% e 100%, respectivamente. O ganho de peso e a conversão alimentar foram avaliados, durante 180 dias, em intervalos de 28 dias e não foram observadas diferenças entre tratamentos. Para as características da carcaça foi observada tendência ($P=0,11$) com efeito linear crescente para a variável marmoreio.

Caton et al. (1994) estudaram o farelo de crambe com relação ao consumo, à digestão, à fermentação ruminal, ao fluxo de nitrogênio duodenal e à proteína microbiana de novilhos alimentados com dietas de baixa forragem. Foram utilizados quatro animais fistulados no rúmen e no duodeno, em quadrado latino 4 x 4. O farelo de soja foi substituído para fornecer 0%, 33%, 67% e 100% de nitrogênio oriundo do farelo de crambe e foram observadas redução sobre o total de ácidos graxos voláteis (mM) e redução de 97,1 para 89,4, para o último tratamento em relação ao controle. A digestibilidade da FDN apresentou efeito linear e quadrático após quatro horas de incubação. A suplementação de farelo de crambe tendeu a aumentar linearmente ($P<0,17$) o enchimento ruminal pelo aumento de 16 litros de líquido no rúmen.

Anderson et al. (2000) compararam a substituição de farelo de crambe pela combinação de farelo de girassol e farelo de soja, em vacas de corte, em dois experimentos. No primeiro, foram utilizadas 40 vacas alimentadas com 9,86% de farelo de crambe na dieta, durante o último trimestre de gestação e foi relatada diminuição dos hormônios T3 e T4. Posteriormente, um segundo

experimento foi conduzido com a inclusão de 7,44% de farelo de crambe na MS em vacas, durante a gestação e de 8,33%, durante a lactação. Mudanças de condição corporal durante o período da gestação foram menores para os animais alimentados com farelo de crambe (63,9 vs 68,3 kg). Além disso, foi observada redução no dia para primeiro estro, sendo de 53 dias para vacas tratadas com farelo de crambe e de 67 dias para o grupo controle.

Bohme, Lebzien e Flachowsky (2005) estudaram a inclusão de torta e de farelo de crambe sobre o desempenho de vacas leiteiras, incluindo 0%, 15% e 30% de coproduto de crambe no concentrado. Foram utilizadas, para este estudo, 30 vacas em estágio médio de lactação. A produção de leite não foi alterada, com produção média de 20,5 litros. Houve diminuição do iodo no leite de 154 µg/L, para a torta de crambe e de 105 µg/L, para o farelo de crambe, e dos ácidos graxos saturados (% do total dos ácidos graxos), além de aumento do ácido erúxico e do ácido oleico no leite.

Brás (2011) relatou valores médios de pH ruminal de 6,24, de nitrogênio amoniacal de 29,10 mg/dL, das concentrações molares de ácidos graxos de cadeia curta totais no líquido ruminal de 79,95(mM), de acetato de 51,54 mM, de propionato de 21,83mM, de butirato de 6,57mM e relação acetato:propionato de 2,39 mM, oito horas após a alimentação.

Canova (2012) estudou a substituição crescente (0%, 22%, 44% e 64%) de proteína do farelo de soja pela proteína da torta de crambe em dieta de cordeiros. Foi observada redução no consumo diário de matéria seca de 13,7%, para os animais alimentados com 64% torta de crambe, em comparação aos do grupo controle. A produção total de gases no período de 24 horas sofreu efeito linear decrescente para a substituição do farelo de soja pela proteína da torta de crambe para a produção de gás na MS, para a produção de metano em 24 horas e para a produção de metano na MS.

1.5 Glucosinolatos

Vários coprodutos de oleaginosas apresentam, em sua composição, fatores indesejáveis (ABDALLA et al., 2008). Esses fatores podem ser tóxicos e causar efeitos negativos sobre a saúde dos animais. Todas as espécies de crucíferas contêm glucosinolatos, que são produtos secundários de seu metabolismo (DAXENBICHLER; VANETTEN; WOLFF, 1965) e estão presentes em toda a planta. Quando intactos, não são tóxicos, porém, quando são hidrolisados pela enzima mirosinase, seus produtos são nocivos à saúde animal (TRIPATHI; MISHRA, 2007). Além dos coprodutos de crambe, outros alimentos utilizados na alimentação animal apresentam este fator antinutricional, como, por exemplo, torta e farelos de mostarda (DAS; SINGHAL, 2005) e de colza (MULLAN et al., 2000).

Vários são os efeitos dos glucosinolatos sobre o organismo animal. Em vacas leiteiras, deprimem o consumo (WALDERN, 1973) e diminuem a produção de leite (INGALLS; SHARMA, 1975). Quando consumidos por um longo período de tempo, causam aumento dos níveis plasmáticos de tiocinatos, que têm a propriedade de inibir a captação de iodo pela tireoide e diminuir a concentração de tiroxina no sangue (TRIPATHI et al., 2001), o que pode causar distúrbios da tireoide e diminuição do iodo no leite de vacas (LAARVELD; BROCKMAN; CHRISTENSEN, 1981) e de ovelhas (TRIPATHI; TYAGI; KARIM, 1996).

Acredita-se que os compostos dos glucosinolatos sejam degradados, absorvidos e, do sangue, são transferidos para o leite ou transformados pelas enzimas presentes no fígado (EMANUELSON; AHLIN; WIKTORSSON, 1993). Anderson et al. (2000), no entanto, não encontraram alterações nos níveis

dos hormônios da tireoide em vacas de corte recebendo farelo de crambe (6,26 $\mu\text{mol/g}$ na dieta). Em ovelhas lactantes, teores de 1,2-2,2 $\mu\text{mol/g}$ e de 1,2-1,6 $\mu\text{mol/g}$ levaram à perda de peso e à redução dos níveis plasmáticos de estradiol, causando distúrbios reprodutivos (MANDIKI et al., 2002). Em teores mais elevados (33,0 $\mu\text{mol/g}$), o crescimento de cordeiro pode ser prejudicado (TRIPATHI et al., 2004). Os conteúdos de glucosinolatos da torta e farelo de crambe são apresentados na Tabela 3. A concentração desse fator antinutricional pode variar de acordo com a forma de cultivo das plantas e pelos procedimentos adotados durante a extração do óleo pela indústria (BÖHME; LEBZIEN; FLACHOWSKY, 2005).

Tabela 3. Conteúdo de glucosinolatos em coprodutos de crambe [$\mu\text{mol/kg MS}$]

Glucosinolatos	Torta de crambe	Farelo de crambe
Progoitrina	0,9	1,6
Epi-progoitrina	49	73,2
4-hidroxi-glucobrassicina	0,5	0,7

Fonte: Adaptado de Böhme, Lebzien e Flachowsky (2005)

As espécies animais têm diferentes capacidades de tolerância aos glucosinolatos. Mortalidades são mais frequentes em animais monogástricos. Em suínos alimentados com farelo e torta de crambe, foi observado aumento do peso do fígado, do rim e da glândula tireoide (BÖHME; LEBZIEN; FLACHOWSKY, 2005). Os ruminantes são mais tolerantes ao consumo desse composto e os animais adultos apresentam maior tolerância, em comparação com os animais mais jovens (TRIPATHI; MISHRA, 2007). A ação da microbiota ruminal induz a transformação do glucosinolatos e seus metabolitos, diminuindo, dessa forma, sua toxicidade (MANDIKI et al., 2002).

Algumas práticas de detoxificação são estudadas. Porém, o sucesso dessas práticas depende do alimento, da quantidade e da composição de glucosinolatos. A maioria dos estudos sobre detoxificação de glucosinolatos foi realizada, principalmente, com farelo de colza, devido à sua maior utilização na alimentação animal. Vários processos podem ser empregados com a finalidade de reduzir os efeitos nocivos dos glucosinolatos sobre a produção e a saúde animal. A irradiação por micro-ondas (2,450 MHz por 2 minutos e meio) em pré-condicionamento (umidade de 13 g/kg, por 24 horas, a 4 °C) no farelo de colza inativou a enzima mirosinase e os compostos de glucosinolatos (MAHESHWARI; STANLEY, 1980).

Os tratamentos com água e soluções de metais podem ser utilizados. As principais soluções empregadas são sulfatos de zinco, cobre, ferro e níquel. Dentre elas, destaca-se o sulfato de cobre. Das e Singhal (2005) confirmaram a redução de glucosinolato imergindo 1 kg de farelo de colza em dois litros de sulfato de cobre (6,25 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), com posterior secagem em estufa, a 60 °C. A remoção por meio de imersão na água pode ser eficaz. Esse tratamento é de fácil aplicabilidade e de baixo custo. Tripathi, Tyagi e Karim (1999) submeteram o farelo de mostarda ao tratamento por imersão na proporção 5:1 (água:farelo), por oito horas e os cordeiros alimentados com o farelo tratado apresentaram melhor utilização dos nutrientes e desempenho.

Existem, ainda, os tratamentos térmicos com temperaturas entre 103-107 °C, por 30 a 40 minutos (NEWKIRK et al., 2003) e temperaturas acima de 110 °C, por mais de 30 minutos (JENSEN; LIU; EGGUM, 1995). Em ambos os tratamentos foi observada a diminuição do total de glucosinolatos no farelo de colza utilizada na alimentação de monogástricos. Os resultados dos tratamentos térmicos são variados devido a diferenças de sensibilidade ao calor dos compostos de glucosinolatos, sendo o 4-hidroxi-glucobrassicina mais sensível ao calor do que a progoitrina (JENSEN; LIU; EGGUM, 1995). Wallig (2002)

avaliou o processo de peletização na detoxificação do farelo de crambe na alimentação de ratos, porém, após o tratamento, o teor de glucosinolatos não foi alterado. Na fermentação de farelo de colza com o uso de *Rhizopus oligosporus* e *Aspergillus* sp. na proporção de uma parte de farelo para três de água, a 25 °C, sob condições aeróbicas, durante 10 dias, foram observadas a inativação da enzima mirosinase e a redução dos compostos dos glucosinolatos (VIG; WALIA, 2001). A suplementação com iodo é uma possível alternativa, podendo ser utilizada com o objetivo de anular os efeitos deletérios causados pelos glucosinolatos.

1.6 Ácido erúcido

O ácido erúcido (C22:1) está presente em grande quantidade no óleo de crambe (Tabela 4). Este ácido é comumente utilizado como lubrificante inibidor de corrosão e como ingrediente na manufatura da borracha sintética (FUNDAÇÃO MS, 2007). Os processos para a extração do ácido erúcido a partir das sementes de crambe são prensagem, clarificação, degomagem, branqueamento, saponificação, acidificação e cristalização (VARGAS-LOPEZ et al., 1999).

Segundo Glaser (1996), a colza era a principal fonte de ácido erúcido. O crambe começou a participar desse mercado e, atualmente, essas duas culturas são as principais fontes comerciais desse ácido.

O ácido erúcido provoca malefícios para a saúde animal. Ele é conhecido como agente causador de lesões no miocárdio, por causar acúmulo de gordura (TUCHWEBER; LEDOUX-PERONNET; DUGAS, 1980). Os efeitos desse ácido sobre a produção animal não estão totalmente elucidados. Estudos com ratos demonstraram que o óleo de colza causou aumento dos lipídios nos

tecidos do fígado e do coração, além de redução do crescimento (KRAMER et al., 1973).

Tabela 4. Composição do óleo de crambe

Ácidos graxos	% (base na matéria seca)	
Erúcido C22:1	59,5	64,5
Oleico C18:1	16,1	13,0
Linoleico C18:2	8,2	6,5
Linolênico C18:3	2,9	4,1
Eicosenoico C20:1	3,3	-
Palmítico C16:0	1,7	1,3
Araquídico C20:0	-	1,0
Behênico C22:0	2,2	2,4
Esteárico C18:0	0,8	-
Lignocérico C24:0	-	0,8
Outros	5,3	6,4
Referência	Glaser (1996)	Brás (2011)

(-) não determinados

1.7 Metabólitos sanguíneos: alanina aminotransferase, gama glutamiltransferase, ureia e hormônios da tireoide

A concentração de metabólitos específicos no sangue pode auxiliar no monitoramento da saúde animal. A concentração sanguínea dos metabólitos é mantida dentro de certos limites de variações fisiológicas, considerados como valores de referência (WITTWER, 1995). A ureia é um produto de excreção do metabolismo do nitrogênio e a sua quantificação em amostras de soro ou plasma sanguíneo revela informações importantes sobre a atividade metabólica proteica

do animal. A porcentagem de proteína bruta na dieta e o metabolismo pós-rúmen refletem na concentração de ureia no sangue (ROSELER et al., 1993).

A alanina aminotransferase (ALT) e a gama glutamiltransferase (GGT) são enzimas presentes no fígado em alta concentração. Quando ocorre injúria das células hepáticas, essas enzimas são liberadas na circulação e há aumento de suas concentrações no sangue. A atividade da ALT no fígado é baixa na maioria dos animais domésticos e sua atividade é significativa apenas no citoplasma dos hepatócitos. Portanto, a elevação da atividade sérica dessa enzima significa injúria hepática especificamente (KANEKO, 1997). A GGT tem maior atividade no córtex renal, na medula renal, no pâncreas, na glândula mamária e no fígado, (BRAUN et al., 1993), mas, no sangue, encontra-se apenas a de origem hepática, pois a de origem renal é excretada pela urina (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

Duas moléculas são importantes para a biossíntese dos hormônios da tireoide: o mineral iodo e o aminoácido tirosina. Em ruminantes, de 70% a 90% do iodo proveniente da dieta são absorvidos no rúmen, no retículo e no omaso, sob a forma salina (KANEKO, 1997). Os hormônios T3 e T4 influenciam em vários aspectos fisiológicos e atuam no sistema cardiovascular, onde estimulam a frequência e a contratilidade cardíaca (TSENG et al., 1995), no sistema músculo-esquelético (FORHEAD et al., 2002). No sistema digestório de ovinos adultos, afeta a motilidade do rúmen e a passagem dos alimentos (KENNEDY; YOUNG; CHRISTOPHERSON, 1977).

Vários aspectos fisiológicos dependem da ação dos hormônios tireoidianos. Em animais domésticos, ativam fatores na maturação do cérebro e no funcionamento do sistema nervoso central e periférico durante a vida adulta e são essenciais para a manifestação da estacionalidade reprodutiva (VELÁSQUEZ, 1997). Durante a gestação, a passagem transplacentária dos hormônios tireoidianos maternos é importante para a organogênese e o desenvolvimento fetal (BURROW; FISHER; LARSEN, 1994). Não são

observadas alterações significativas nas concentrações de T3 e T4 relacionadas com o momento do dia em que se obtêm as amostras sanguíneas, pois nos ruminantes não há variações circadianas na secreção desses hormônios (MATAMOROS et al., 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais foram analisados e aprovados pela Comissão de Bioética na Utilização de Animais da Universidade Federal de Lavras (Protocolo n° 72/2011). A torta de crambe utilizada para este estudo foi doada pela Fundação Mato Grosso do Sul.

Trinta e duas cordeiras mestiças Santa Inês x Dorper, com peso variando de 12,73 kg a 23,5 kg, foram alimentadas individualmente, em confinamento total. O período experimental foi de 130 dias, sendo 12 dias de adaptação e 118 dias de período de comparação entre tratamentos. Os animais receberam a mesma dieta durante o período pré-experimental, à base de feno de tifton, farelo de soja, milho moído e sal mineral. O consumo de matéria seca (CMS), o peso e os parâmetros sanguíneos determinados no período de adaptação foram utilizados como covariável no modelo estatístico. Ao final deste período, os animais formaram oito blocos com base no peso corporal e foram aleatoriamente alocados em um dos quatro tratamentos em delineamento em blocos ao acaso. A composição bromatológica dos alimentos encontra-se na Tabela 5. Uma amostra de torta de crambe foi encaminhada para o Laboratório CEAN (Santa Maria, RS), para a determinação do perfil de aminoácidos.

As dietas foram formuladas com inclusão de torta de crambe em substituição a uma mistura isoproteica de farelo de soja e casca de soja (Tabela 6). Os tratamentos foram: controle e inclusão de 4%, 8% e 12% de torta de crambe na matéria seca da dieta.

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 07h00 e às 16h00, em quantidade suficiente para resultar em 10% de sobras. Amostras de sobras foram coletadas diariamente, por animal e uma amostra composta foi formada ao final de cada semana. O composto semanal das sobras foi pré-seco em estufa de

ventilação forçada, por 24 horas, a 65 °C e triturado em moinho do tipo Thomas-Willey. Posteriormente, uma subamostra das sobras e ingredientes concentrados da dieta foram desidratados, em estufa, a 105 °C, por 24 horas, para a determinação da matéria seca. As cinzas foram obtidas pela incineração em mufla, por quatro horas, a 600 °C. A proteína bruta e o teor de extrato etéreo foram determinados segundo a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990) e o teor de FDN em um determinador de fibras Tecnal-TE149.

Tabela 5 Composição bromatológica dos alimentos (% da MS)

Ingredientes	MS	PB	EE	FDN	Cinzas	CNF ¹
Feno de tifton	92,5	7,2	3,5	73,8	5,7	9,6
Torta de crambe	92,3	28,7	28,0	33,0	5,0	5,1
Milho moído	87,2	9,2	5,9	12,5	1,2	71,0
Casca de soja	89,5	11,2	2,5	69,2	3,9	12,9
Farelo de soja	88,5	51,4	2,5	17,3	6,5	22,1

¹CNF = carboidratos não fibrosos= 100 - (PB + FDN + EE + cinzas)

O consumo de matéria seca foi determinado diariamente e o peso corporal dos animais a intervalos de sete dias. O ganho diário de peso foi calculado para cada uma das dezessete semanas do período de comparação, pela diferença entre os pares de determinações intervaladas de sete dias.

Tabela 6. Composição das dietas oferecidas em ingredientes e das dietas consumidas em nutrientes nos tratamentos controle (T0) e 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.

	T0	T4	T8	T12
Ingredientes	% da matéria seca			
Feno de tifton	40,0	40,0	40,2	40,1
Torta de crambe		4,1	7,9	12,0
Milho moído	38,3	38,3	38,3	38,3
Casca de soja	7,6	5,0	2,5	
Farelo de soja	12,9	11,5	10,0	8,5
Sal mineral ¹	1,1	1,1	1,1	1,1
Nutrientes				
Proteína bruta (PB)	14,9	15,1	15,1	15,2
Fibra em detergente neutro (FDN)	36,4	35,5	34,6	34,2
Extrato etéreo (EE)	4,1	5,6	6,7	7,8
Cinzas	4,4	4,2	4,1	3,9
CNF ²	40,2	39,6	39,5	38,9

¹Sal mineral – 0,05% de calcário.Composição (por kg do produto): 150 g Ca; 50 g P; 195 g Na; 20 mg Co; 190 mg Cu; 40 mg I; 1.450 mg Mn; 2.000 mg Zn; 7mg Se; 500 mg F.

²CNF = carboidratos não fibrosos = 100 - (PB + FDN + EE + cinzas)

No 98º dia, foi realizada a observação visual da atividade bucal de cada animal, a cada cinco minutos. As atividades bucais consideradas foram ingestão de alimento, ingestão de água, ruminação e ócio. O tempo de mastigação, em minutos por dia, foi definido como a soma dos tempos de ingestão de alimento e de ruminação. Os tempos de mastigação, ingestão e ruminação por CMS foram calculados utilizando-se o consumo mensurado no dia da avaliação. O tempo da primeira refeição (refeição condicionada) foi cronometrado individualmente. No 99º dia, a proporção do consumo diário entre 7h00 e 12h00 (manhã), 12h00 e

19h00 (tarde) e 19h00 a 7h00 (noite), foi obtida por mensuração do oferecido e das sobras alimentares em cada intervalo.

No 105º dia do período experimental, foram iniciados os procedimentos de estimativa da produção fecal para a digestibilidade aparente dos nutrientes. Neste dia, iniciou-se a administração de cápsulas contendo 2 g de óxido de cromo uma vez ao dia, por um período de 12 dias. No 10º dia de administração do marcador, foi iniciada a coleta das fezes diretamente da ampola retal de cada animal, de seis em seis horas, durante 72 horas, começando com duas horas de atraso, a cada novo dia. Aproximadamente 200 mg de amostra pré-seca de fezes foram submetidos à digestão com solução combinada de ácido nítrico, perclórico e molibdato de sódio, por 200 °C, até a mudança de cor para laranja. Posteriormente, a solução foi filtrada em papel de filtro livre de cinzas e de filtração rápida e o material foi transferido para balões volumétricos de 50 mL e completados com água destilada. O teor de cromo foi analisado por espectrofotometria de absorção atômica (WILLIAMS; DAVID; IISMAA, 1962). O teor de MS, de FDN e as cinzas das fezes foram mensurados como previamente descrito. Foi calculada a digestibilidade aparente no trato digestivo total da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO) e da fibra em detergente neutro (DFDN).

Ao final da padronização e no 118º dia, foram coletadas amostras de sangue da veia jugular de cada animal, em tubos vacuolizados de 10 mL com ativador de coágulo. As amostras foram coletadas antes da alimentação, para a determinação dos hormônios tri-iodotironina total (T3) e tiroxina total (T4), colesterol total e das enzimas gama glutamil transferase (GGT) e alanina aminotransferase (ALT). Imediatamente após a coleta, os tubos foram refrigerados e mantidos em repouso até a obtenção do soro que, posteriormente, foi transferido para tubos eppendorfs plásticos, identificados e armazenados, a -20 °C. Amostras para a determinação de nitrogênio ureico no plasma (NUP)

foram coletadas somente no período de comparação e o plasma foi obtido por centrifugação, a 2.118 xg, por 10 minutos. Os tempos de amostragem foram zero, duas, quatro e seis horas após a alimentação matinal. As amostras foram encaminhadas para um Laboratório de Citologia e Análises Clínicas (Hemocell, Lavras, MG).

Análise estatística

As variáveis mensuradas ao longo do tempo foram analisadas como medidas repetidas pelo procedimento MIXED do SAS. A estrutura de covariância utilizada foi definida pelo critério de informação de Akaike corrigido, dentre autorregressiva de ordem 1, simetria composta e não estruturada. O modelo estatístico foi $Y_{ijk} = \mu + CV + B_i + Tr_j + T_k + TrT_{jk} + e_{ijk}$, em que μ = média geral; CV = covariável (medição da mesma variável no final da padronização); B_i = efeito de bloco ($i = 1$ a 8); Tr_j = efeito de tratamento ($j = T0, T4, T8$ e $T12$); T_k = efeito de tempo ($k =$ semanas 1 a 17); TrT_{JK} = interação entre tratamento e tempo; e_{ijk} = erro residual. Três contrastes pré-planejados foram testados, sendo 1 - efeito linear (-3 -1 1 3), 2 - efeito quadrático (1 -1 -1 1) e 3 - efeito cúbico (1 3 -3 1) de inclusão de torta de crumbe. O quadrado médio para o efeito de animal aninhado em tratamento foi utilizado como medida de erro para testar o efeito de tratamento. O ganho de peso por semana experimental e o teor de NUP foram analisados pelo mesmo modelo, mas sem o termo covariável.

As variáveis mensuradas uma vez durante o período experimental foram analisadas pelo mesmo modelo, porém, sem os efeitos de tempo e sua interação com tratamento pelo procedimento GLM do SAS. Valores de probabilidade abaixo de 0,05 foram considerados significativos e, abaixo de 0,10, como tendência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais aminoácidos presentes na torta de crambe são alanina, glutamato e aspartato (Tabela 7). Esses aminoácidos são considerados não essenciais, pois podem ser sintetizados pelo próprio tecido animal a partir de metabólitos intermediários e são importantes precursores para a síntese de glicose, por meio da gliconeogênese hepática em ruminantes (SANTOS; PEDROSO, 2006). Anderson et al. (1993) compararam o perfil de aminoácidos do farelo de soja e do farelo de crambe, em gramas de aminoácidos/100 g de proteína e encontraram valores semelhantes, principalmente para os aminoácidos lisina, metionina, treonina e histidina, com valores de 5,01; 1,69; 4,08 e 2,51, para o farelo de crambe e de 6,43; 1,13; 3,93 e 2,55, para o farelo de soja, respectivamente.

Porém, observando-se os resultados de Tyska et al. (2009), que avaliaram o perfil de aminoácidos do farelo de soja nos anos 2006, 2007 e 2008, encontram-se valores médios (g/100 g de proteína) de 2,82 de lisina, 0,66 de metionina, 0,72 de cistina, 1,85 de treonina, 0,66 de triptofano, 2,37 de valina, 2,22 de ileucina, 3,62 de leucina, 2,39 de fenilalanina, 1,22 de histidina e 3,41 de arginina. A torta de crambe utilizada neste estudo apresentou menores valores numéricos para os aminoácidos lisina e metionina, que são considerados limitantes para ruminantes, quando comparados ao citado anteriormente.

Tabela 7. Composição de aminoácidos do crambe

AA	g/100 g MS	% PB	AA	g/100 g MS	% PB
ALA	5,69	23,06	VAL	1,21	4,91
GLU	2,95	11,97	HIS	0,97	3,95
ASP	2,35	9,51	LLE	0,88	3,55
LEU	1,62	6,58	TRP	0,86	3,46
SER	1,34	5,44	TIR	0,81	3,29
ARG	1,34	5,44	LIS	0,52	2,10
FEN	1,26	5,09	MET	0,31	1,27
PRO	1,23	5,00	CIS	0,11	0,44
GLI	1,22	4,95	Total	24,69	100

ALA = alanina, GLU = glucina, ASP = aspartato, LEU = leucina, SER = serina, ARG = arginina, FEN = fenilalanina, PRO = prolina, GLI = glicina, VAL = valina, HIS = histidina, LIS = lisina, LLE = isoleucina, TRP = triptofano, TIR = tirosina, LIS = lisina, MET = metionina e CIS = cistina.

Foi observado efeito depressor no consumo de matéria seca, em gramas por dia, nos tratamentos com inclusão de torta de crambe (Gráfico 1). Houve efeito linear decrescente sobre o consumo de matéria seca em porcentagem do peso vivo, sobre o ganho diário de peso, contudo, sem efeito de tratamento sobre a conversão alimentar (Tabela 8). O menor ganho de peso está relacionado à diminuição do consumo de matéria seca nos tratamentos com torta de crambe.

Lambert et al. (1970) estudaram a substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe (0%, 33%, 67% e 100%) sobre o desempenho de novilhos de corte e observaram redução no consumo de matéria seca de 9,0 kg para 6,0 kg e queda no ganho diário de peso de 1,18 kg para 0,86 kg ($P < 0,01$).

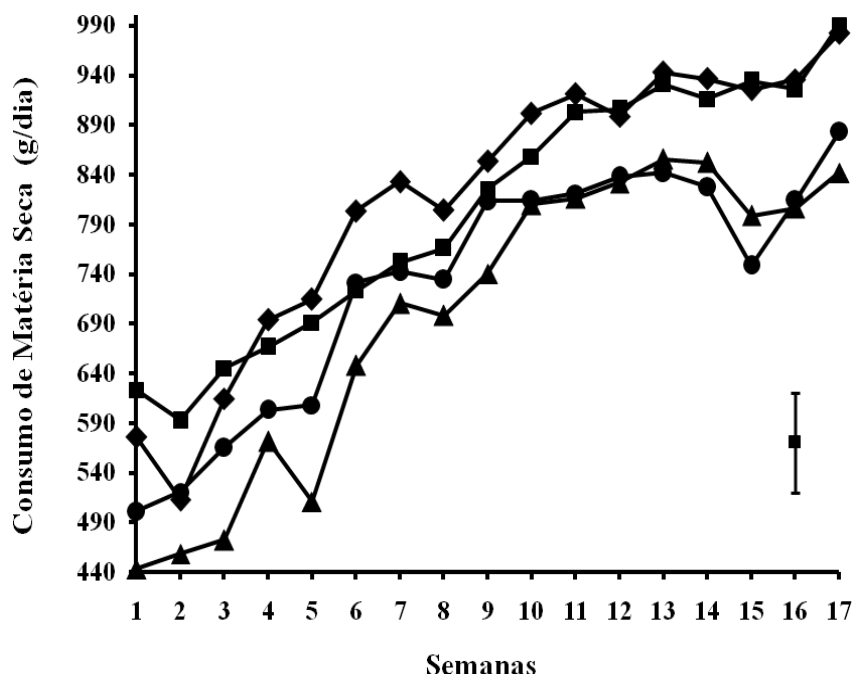


Figura 1. Consumo de matéria seca (CMS) de cordeiras nos tratamentos controle (◆), inclusão de 4% (■), 8% (●) e 12% (▲) de torta de crambe. $P = 0,05$ para o efeito de tratamento, $P < 0,01$ para o efeito de semana, $P = 0,53$ para a interação entre tratamento e semana.

O menor consumo dos animais que receberam torta de crambe pode ter sido compensado pela maior densidade energética presente nas dietas. Os tratamentos T0, T4, T8 e T12 apresentaram 4,1%, 5,6%, 6,7% e 7,8% de extrato etéreo, respectivamente. Os tratamentos T8 e T12 apresentaram valores de EE acima do valor preconizado de 6% para ruminantes (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2001); valores com até 10% têm sido empregados em rações de confinamento e em regiões de altas temperaturas. A suplementação lipídica acima de 5% da matéria seca pode comprometer o consumo dos animais, por mecanismos regulatórios que controlam a ingestão de alimentos pela capacidade

limitada dos ruminantes de oxidar os ácidos graxos (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Tabela 8. Consumo de matéria seca e desempenho de cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe

	T0	T4	T8	T12	EPM ¹	P ²	S	T*S	L	Q	C
			g								
CMS ³	814	802	727	698	33,1	0,05	<0,01	0,53	<0,01	0,80	0,46
			kg								
CMS ⁴	2,67	2,64	2,54	2,43	0,055	0,02			<0,01	0,50	0,84
			kg								
Peso ⁵	26,6	26,4	25,0	24,6	0,83	0,26	<0,01	0,99	0,43	0,71	0,08
			g								
GDP ⁶	162	156	144	142	8,5	0,32	<0,01	0,45	0,07	0,79	0,68
			kg/kg								
CA ⁷	5,14	5,17	5,14	4,94	0,165	0,75			0,40	0,50	0,87

¹Erro padrão das médias. ²Valor de probabilidade para os efeitos de tratamento (P), semana experimental (S), interação entre T e S e contrastes linear (L), quadrático (Q) e contraste cúbico (C) de inclusão de torta de crambe. ³Consumo de matéria seca semanal ⁴Consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (consumo total de MS/peso final). ⁵Peso semanal. ⁶Ganho diário de peso calculado semanalmente. ⁷Conversão alimentar (CMS total/ganho total).

A fermentação ruminal, a motilidade intestinal, a liberação de hormônios intestinais e a oxidação da gordura no fígado são os principais efeitos que envolvem a redução do consumo em resposta à suplementação lipídica (ALLEN, 2000). Os consumos de matéria seca encontrados por Oliveira Júnior et al. (2000) reduziram linearmente com o aumento nos níveis de grão de soja, o que foi explicado pelo aumento de EE de 3,2%, 4,45%, 5,6% e 6,3% na dieta. Canova (2012) avaliou a substituição de farelo de soja por proteína oriunda de torta de crambe, nos níveis de 0%, 22%, 44% e 64%, com 1,93%, 4,57%, 7,16% e 10,02% de EE, respectivamente e também observou redução no consumo de cordeiros em crescimento de 796 g por dia, no tratamento controle, para 687 g

no último tratamento ($P = 0,05$), porém, sem efeito de tratamento sobre o consumo de matéria seca em porcentagem do peso vivo ($P = 0,57$). Brás (2011) caracterizou nutricionalmente a torta de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe e relatou menores CMS em kg/dia e % PV para a torta de crambe, 0,92 e 1,12, respectivamente. Costa et al. (2004) substituíram o farelo de soja pelo farelo de crambe nos níveis de 0%, 30%, 60% e 90% da MS e encontraram consumos de matéria seca semelhantes.

O fator antinutricional presente na torta de crambe, o glucosinolato, apesar de não ter sido mensurado neste estudo, pode ter contribuído conjuntamente com a variação de extrato etéreo para a alteração no consumo da matéria seca. Este composto, além de outros efeitos no organismo animal, causa redução no consumo (CARLSON; TOOKEY; REGIONAL, 1983). Um dos produtos da hidrólise dos glucosinolato é a progoitrina, que confere gosto amargo ao alimento (FENWICK; GRIFFITHS; HEANEY, 1982), o que poderia ter ocasionado a baixa aceitabilidade das dietas experimentais. Mandinki et al. (2002) observaram redução no ganho de peso em ovelhas, durante a lactação, consumindo dietas que continham de 1,2 a 2,2 mol g⁻¹ de glucosinolato.

O tratamento controle apresentou maior ingestão diária de PB, FDN, cinzas e CNF e menor ingestão de EE (Tabela 9), resultante da maior IMS neste tratamento e da inclusão da torta de crambe em substituição à mistura de farelo de soja e casca de soja, que resultou na alteração da composição das dietas consumidas (Tabelas 6 e 7) e, conseqüentemente, no consumo dos nutrientes. O maior consumo de EE observado nos tratamentos com inclusão de crambe é explicado pelos valores de EE nas dietas oferecidas.

Tabela 9. Valores médios para os consumos de nutrientes de cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.

	T0	T4	T8	T12	EPM ¹	P ²	L	Q	C
	g/dia								
PB	120,8	121,6	110,3	106,5	5,08	0,12	0,02	0,65	0,39
EE	33,8	45,4	49,1	54,9	2,10	<0,01	<0,01	0,17	0,29
FDN	288,9	281,8	248,4	234,2	12,74	0,02	<0,01	0,78	0,43
Cinzas	30,1	30,1	26,9	25,6	1,30	0,05	<0,01	0,61	0,41
CNF	326,0	320,0	288,2	271,7	11,87	0,01	<0,01	0,66	0,44

¹Erro padrão das médias. ²Valor de probabilidade para os efeitos de tratamento (P), semana experimental (S), interação entre T e S e contrastes linear (L), quadrático (Q) e contraste cúbico (C) de inclusão de torta de crambe.

Foi observado efeito de tratamento linear decrescente na digestibilidade aparente da FDN (Tabela 10). O aumento no teor de gordura induzido pela inclusão da torta de crambe reduziu drasticamente a digestibilidade da fibra. O óleo do crambe tem 59,5% de ácido erúico (C22:1) e 16,1% de ácido oleico (C18:1) (GLASER, 1996), ácidos graxos insaturados, que apresentam efeitos negativos sobre a microbiota ruminal.

A utilização de sementes de oleaginosas é eficaz porque o óleo encontra-se defendido pelas estruturas da semente e por isso é liberado mais lentamente, sendo menos tóxico aos microrganismos (MURPHY et al., 1990). O processo de bio-hidrogenação é uma estratégia utilizada pelas bactérias do rúmen para reduzir a insaturação dos ácidos graxos, diminuindo, dessa forma, sua toxicidade. No entanto, os ácidos graxos presentes na torta de crambe podem ter sido disponibilizados rapidamente no rúmen, devido ao processamento de prensagem empregado para a obtenção do coproduto. Apesar de os ácidos graxos insaturados serem bio-hidrogenados no rúmen, essa rápida liberação pode ter ocasionado efeitos maléficos diretos e indiretos sobre os

microrganismos ruminais, o que acarretaria prejuízo na digestibilidade da fibra dietética.

Tabela 10. Digestibilidade aparente de nutrientes no trato digestivo total (% do consumido) de cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe.

	T0	T4	T8	T12	EPM ¹	P ²	L	Q	C
CMS, g ³	925	934	735	799	46,9	0,02	0,01	0,56	0,03
DMS ⁴	74,1	75,8	71,1	68,9	3,74	0,57	0,23	0,61	0,60
DMO ⁴	79,4	81,0	76,5	81,7	2,53	0,49	0,85	0,48	0,18
DFDN ⁴	65,2	66,6	52,1	47,9	4,94	0,03	<0,01	0,58	0,25

¹Erro padrão das médias. ²Valor de probabilidade para os efeitos de tratamento (P), semana experimental (S), interação entre T e S e contrastes linear (L), quadrático (Q) e contraste cúbico (C) de inclusão de torta de crambe. ³Consumo de matéria seca nos dias da determinação da digestibilidade. ⁴Digestibilidades aparente da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO) e da fibra em detergente neutro (DFDN)

Outra teoria proposta é o efeito de revestimento lipídico que inibe a fixação das bactérias ruminais com a partícula do alimento (CHENG et al., 1991). Petit et al. (1997) afirmaram que o alto teor de óleo nas dietas é um dos fatores que acarretam a diminuição da digestão da FDN, uma vez que o óleo disponibilizado no meio ruminal pode provocar redução da eficiência das bactérias fibrolíticas. Canova (2012) também encontrou valores decrescentes de digestibilidade de FDN de 65% no tratamento controle para 57% em dietas contendo 64% de substituição de farelo de soja por torta de crambe, em dietas de cordeiros ($P<0,05$). Esta mesma autora observou menores valores de digestibilidade de matéria seca e da matéria orgânica para os tratamentos que continham torta de crambe ($P<0,05$).

Houve efeito linear crescente da inclusão de torta de crambe sobre o tempo da refeição condicionada (Tabela 11). Os animais que não receberam

torta de crambe gastaram menos tempo na primeira refeição do dia. Essa alteração pode evidenciar a hipótese de que o fator antinutricional e outros fatores intrínsecos presentes na torta de crambe podem interferir na aceitabilidade desse alimento pelos animais.

Costa et al. (2004) não encontraram alterações comportamentais em cordeiros, estudando a substituição de farelo de soja por farelo de crambe, em oito períodos de avaliação, 9h00-12h00, 12h00-15h00, 15h00-18h00, 18h00-21h00, 21h00-0h00, 0h00-3h00, 3h00-6h00, 6h00-9h00. Os ensaios de comportamento foram realizados por meio de avaliação visual com base no tempo despendido em ócio, ruminação, alimentação, ingestão de água e interação.

A atividade das enzimas gama glutamiltransferase (GGT) e alanina transaminase (ALT) não foi afetada pela inclusão de torta de crambe e foi observado efeito linear decrescente para o hormônio T4 e para o NUP (Tabela 12). Os valores normais de referência para ovinos são de 20-52 U/L e 4-19 U/L (KANEKO, 1997), respectivamente, sugerindo que não ocorreu dano hepático induzido pelo uso de torta de crambe nesse experimento. Goularte et al. (2010) observaram valores superiores da enzima ALT, estudando alguns metabólitos sanguíneos em cordeiros alimentados com dieta contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja, nos níveis de 0%, 30%, 60% e 90%. Os valores de ALT encontrados por estes autores foram de 14,32 U/L, para a substituição de 90%. As enzimas ALT e AST (aspartato aminotransferase), que também são indicadas para sugerir transtornos hepáticos, foram estudadas por Canova (2012), com o objetivo de avaliar a substituição de farelo de soja por torta de crambe, nos níveis 0%, 22%, 44% e 64% sobre alguns parâmetros sanguíneos e não foi observado efeito de tratamento sobre essas enzimas. Brás (2011) relatou valores de ALT e AST, em cordeiros alimentados com 405 g/dia de torta de crambe de 15, 25 U/L e 176 U/L, respectivamente.

Tabela 11. Atividade mastigatória, proporção do consumo e refeição condicionada em cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe

	T0	T4	T8	T12	EPM ¹	P ²	L	Q	C
CMS ³ , g	939	900	846	876	46,0	0,55	0,25	0,46	0,63
	minutos/dia								
Ingestão	220	210	201	228	12,1	0,46	0,77	0,15	0,55
Ruminação	503	519	529	498	24,2	0,79	0,98	0,34	0,75
Mastigação ⁴	723	729	731	727	27,4	0,99	0,91	0,85	0,99
	minutos/100 g de MS								
Ingestão	23,8	23,7	24,5	26,1	1,84	0,79	0,37	0,67	0,98
Ruminação	55,2	58,6	64,2	57,2	4,21	0,49	0,54	0,23	0,45
Mastigação ⁴	79,1	82,4	88,3	83,3	5,42	0,65	0,44	0,43	0,55
	% do consumo diário								
Manhã ⁵	47,9	43,5	43,7	46,8	2,11	0,38	0,76	0,09	0,87
Tarde ⁶	44,4	45,3	44,2	44,6	1,40	0,94	0,90	0,86	0,58
Noite ⁷	7,7	11,2	12,1	8,6	2,25	0,48	0,72	0,14	0,85
	min								
R.cond ⁸	46	50	58	65	5,6	0,12	0,02	0,78	0,82

¹Erro padrão das médias. ²Valor de probabilidade para os efeitos de tratamento (P), semana experimental (S), interação entre T e S e contrastes linear (L), quadrático (Q) e contraste cúbico (C) de inclusão de crambe. ³Consumo de matéria seca no dia da atividade mastigatória. ⁴Ingestão + ruminação. ⁵Manhã = 07h00-12h00. ⁶Tarde = 12h00-19h00. ⁷Noite = 19h00-07h00. ⁸Refeição condicionada = tempo da primeira refeição após o fornecimento matinal da dieta.

Dietas que contêm glucosinolato, quando consumidas por um longo período, podem causar aumento dos níveis de tiocinatos, compostos que têm a capacidade de inibir a captação de iodo pela glândula da tireoide (TRIPATHI et al., 2001). Porém, no presente estudo, não foram encontrados resultados para o hormônio T3.

Tabela 12. Nitrogênio ureico no plasma (NUP), enzimas Gama glutamiltransferase (GGT), alanina transaminase (ALT), hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), em cordeiras nos tratamentos controle (T0), 4% (T4), 8% (T8) e 12% (T12) de inclusão de torta de crambe

	T0	T4	T8	T12	EPM ¹	P ²	L	Q	C
	mg/dL								
NUP	25,42	25,49	21,99	23,08	1,058	0,07	0,04	0,64	0,10
	U/L								
GGT	38,7	46,7	53,7	48,0	6,16	0,42	0,22	0,27	0,68
ALT	8,09	8,55	9,1	7,2	1,07	0,66	0,68	0,31	0,59
	nanog/mL								
T3	145,6	159,7	151,7	138,2	14,02	0,71	0,65	0,33	0,79
	mg/dL								
T4	10,2	9,7	6,5	8,3	0,91	0,06	0,05	0,23	0,09

¹Erro padrão das médias. ²Valor de probabilidade para os efeitos de tratamento (P), semana experimental (S), interação entre T e S e contrastes linear (L), quadrático (Q) e contraste cúbico (C) de inclusão de torta de crambe.

Os resultados encontrados corroboram os dados de Papas, Ingalls e Campbell (1979), que observaram tendência na redução para o hormônio T4, mas não para o T3, em vacas de leite. Estes autores explicaram este fato pela compensação da produção dos hormônios por uma glândula da tireoide aumentada, devido à ação de tiocinatos, isotiocinatos e nitrilos presentes no farelo de colza.

Derycke et al. (1999) avaliaram o uso do farelo de colza sobre a fisiologia da glândula tireoide em ovinos e observaram deficiência de iodo e alteração no peso da glândula tireoide dos animais. O hormônio T4 é pouco ativo, pois exibe cerca de 10 a 20 vezes menos afinidade por receptores do que o T3, características que fazem com que o T4 seja considerado um pró-hormônio (DOUGLAS, 2002). Em ovinos adultos este processo é irreversível e converte, aproximadamente, 11% e 30% da produção diária de T4 em T3 (CHOPRA; SACK; FISHER, 1975). A meia-vida na circulação para T4 está entre 1 e 1,7 dias e entre 5 e 8 horas para T3 (ERENBERG et al., 1973). Essa diferença no

tempo de circulação dos hormônios tireoidianos poderia explicar os resultados encontrados neste estudo, uma vez que o hormônio T4 poderia ser mais sensível às prováveis alterações causadas pelos produtos da hidrólise do composto glucosinolato presentes na torta de crambe.

A diminuição linear decrescente para o hormônio T4 denota que a inclusão de torta de crambe pode ter causado efeito negativo proveniente do fator antinutricional glucosinolato sobre os animais. Anderson et al. (2000) relataram diminuição dos hormônios T3 e T4 em vacas de corte em gestação em dieta contendo 9,86% de farelo de crambe na MS, com concentração de glucosinolato de 6,26 $\mu\text{mol/g}$ da dieta.

A concentração de NUP após a alimentação matinal foi maior no tratamento controle (Figura 2). A concentração de nitrogênio ureico no sangue tem sido utilizada como indicador da eficiência de utilização de proteína bruta na dieta de ruminantes (BRODERICK; CLAYTON, 1997). A ureia produzida no organismo se equilibra rapidamente com os fluidos corporais e reflete diretamente na concentração de nitrogênio ureico no sangue.

Tonissi et al. (2010) avaliaram os parâmetros cinéticos da degradação *in situ* da proteína bruta de alguns coprodutos, dentre eles a torta de crambe e a torta de soja. As taxas de degradação da fração a, b e c da torta de crambe e da torta de soja foram de 19,38%, 21,96% e 13,61%, e 7,79%, 55,56% e 5,88%, respectivamente. Neste mesmo trabalho, os autores mostraram, ainda, que a torta de crambe apresentou menor tempo de colonização para a PB, o que poderia ter influenciado na baixa degradabilidade ruminal deste alimento. Estes resultados sugerem que a degradabilidade ruminal da torta de crambe seja menor do que a degradabilidade do farelo de soja. Apesar de a proporção do consumo diário (manhã, tarde e noite) ter sido semelhante entre tratamentos, o tempo da refeição condicionada pode ter influenciado na curva de NUP, os animais dos tratamentos T4, T8 e T12 desprenderam mais tempo na primeira refeição. Esse

fato também pode sugerir menores valores de NUP após a alimentação em relação ao grupo controle.

Goularte et al. (2010) encontraram valores de ureia no tratamento testemunha de 39,60 mg/dL e 41,15 mg/dL, para o tratamento de 90% de substituição de farelo de soja por farelo de crambe, porém, sem efeito de tratamento ($P=0,20$). Brás (2011) relatou valores de 20,50 mg/dL de ureia em cordeiros alimentados com torta de crambe.

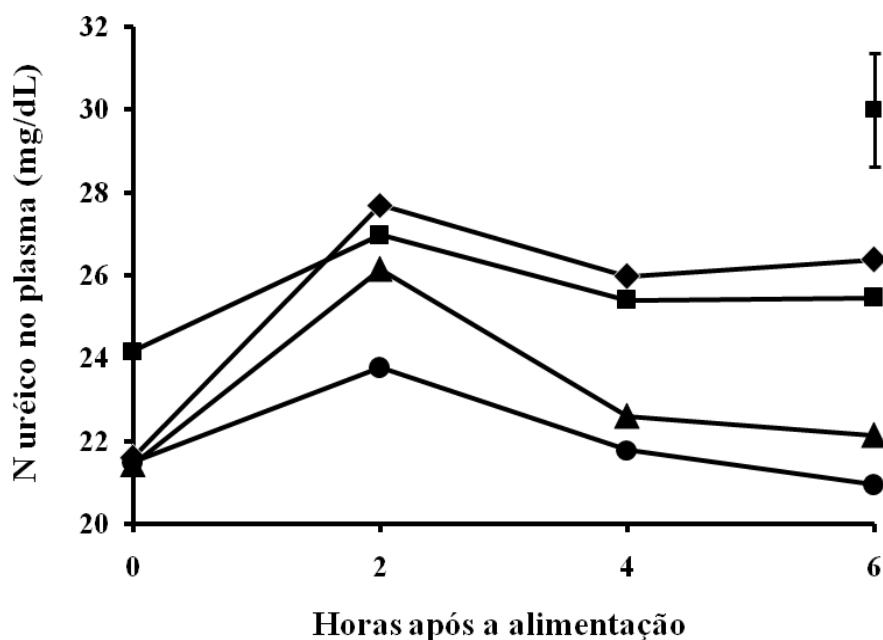


Figura 2. Nitrogênio ureico no plasma (NUP) de cordeiras nos tratamentos controle (◆), inclusão de 4% (■), 8% (●) e 12% (▲) de torta de crambe. $P=0,07$ para o efeito de tratamento, $P<0,01$ para o efeito de tempo, $P=0,41$ para a interação entre tratamento e tempo.

5. CONCLUSÃO

A inclusão de torta de crambe na dieta de cordeiras deprimiu o consumo de matéria seca, o ganho diário de peso, a digestibilidade da FDN, a concentração plasmática de nitrogênio ureico no plasma e o hormônio T4. A inclusão de torta de crambe na dieta de ruminantes não tem alto potencial de uso e sugere-se a inclusão de até 4% na matéria seca da dieta de ovinos em crescimento.

6. REFERÊNCIAS

ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 260-268, 2008. Suplemento.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução ANP nº 7**, de 21 de fevereiro de 2013. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/fevereiro/ranp%207%20-%202013.xml?fn=document-frame.htm\\$f=templates\\$3.0](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/fevereiro/ranp%207%20-%202013.xml?fn=document-frame.htm$f=templates$3.0)>. Acesso em: 10 mar. 2013.

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, July 2000.

ANDERSON, V. L. et al. Crambe meal is equivalent to soybean meal for backgrounding and finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 10, p. 2608-2613, Oct. 1993.

_____. Effect of crambe meal on performance, reproduction, and thyroid hormone levels in gestating and lactating beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 9, p. 2269-2274, Sept. 2000.

ANUÁRIO estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2011. Disponível em: <<http://anp.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analytical of the Association of Official Analytical Chemists**. 15th ed. Washington, 1990. 1422 p.

BÖHME, H. K.; LEBZIEN, P.; FLACHOWSKY, G. Feeding value of crambe press cake and extracted meal as well as production responses of growing-finishing pigs and dairy cows fed these by-products. **Archives of Animal Nutrition**, Montreux, v. 59, n. 2, p. 111-122, Apr. 2005.

BRÁS, P. **Caracterização nutricional de coprodutos da extração de óleo em grãos vegetais em diastas de ovinos**. 2011. 91 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2011.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Aspectos tecnológicos do biodiesel**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

BRAUN, J. P. et al. Gamma glutamyl transferase in domestic animals. **Veterinary Research Communications**, Amsterdam, v. 6, n. 2, p. 77-90, 1983.

BRODERICK, G. A.; CLAYTON, M. K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentration of milk urea nitrogen. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 11, p. 2964-2971, Nov. 1997.

BURROW, G. N.; FISHER, D. A.; LARSEN, P. R. Maternal and fetal thyroid function. **New England Journal of Medicine**, Boston, v. 331, n. 16, p. 1072-1078, Oct. 1994.

CAMPOS, A. A. de; CARMÉLIO, E. de C. Construir a diversidade da matriz energética. In: ABRAMOVAY, R. (Ed.). **O biodiesel no Brasil**. São Paulo: SENAC, 2009. p. 60-97.

CANOVA, E. B. **Torta de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na alimentação de cordeiros**. 2012. 77 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2012.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra e relações lineares de caracteres morfológicos e produtivos de crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2262-2267, nov. 2010.

CARLSON, K. D.; TOOKEY, H. L. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 60, n. 123, p. 1978-1985, 1983.

CARLSON, K. D.; TOOKEY, H. L.; REGIONAL, N. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 60, n. 12, p. 1979-1985, 1983.

CARRERA, R. A. et al. Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 5, p. 1202-1211, set./out. 2012.

CATON, J. S. et al. Influence of crambe meal as a protein source on intake, site of digestion, ruminal fermentation, and microbial efficiency in beef steers fed

grass hay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 12, p. 3238-3245, Dec. 1994.

CHENG, K. J. et al. Microbial ecology and physiology of feed degradation without the rumen. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 70., 1991, San Diego. **Proceedings...** San Diego: Academic, 1991. p. 595.

CHOPRA, I. J.; SACK, J.; FISHER, D. A. 3,3',5'-triiodothyronine (reverse T3) and 3,3',5-triiodothyronine (T3) in fetal and adult sheep: studies of metabolic clearances, production rates, serum binding, and thyroidal content relative to thyroxine. **Endocrinology**, Springfield, v. 97, n. 5, p. 1080-1088, Nov. 1975.

CONCENÇO, G. et al. Análise de crescimento de crambe na presença e na ausência de competição interespecífica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS NA ERA DA BIOTECNOLOGIA, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, UFMS, 2012. 1 CD-ROM.

COSTA, F. X. et al. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFPB, 2004. 1 CD-ROM.

DAS, M. M.; SINGHAL, K. K. Effect of feeding chemically treated mustard cake on growth, thyroid and liver function and carcass characteristics in kids. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 56, n. 1, p. 31-38, Jan. 2005.

DAXENBICHLER, M. E.; VANETTEN, C. H.; WOLFF, L. A new thioglucoside, (R)-2-hidroxy-3-butenylglucosinolate from *Crambe abyssinica* seed. **Biochemistry**, New York, v. 4, n. 3, p. 318, Apr. 1965.

DERYCKE, G. et al. Chemical changes and influence of rapeseed antinutritional factor on lamb physiology and performance: part 1, animal performance and thyroid physiology. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 81, n. 2, p. 81-91, Feb. 1999.

DESAI, B. B. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. 2nd ed. New York: M. Dekker, 2004. 787 p.

DOUGLAS, C. R. Fisiologia da glândula tireóide. In: _____. **Tratado de fisiologia aplicado à saúde**. 5. ed. São Paulo: Robe, 2002. p. 1211-1231.

EMANUELSON, M.; AHLIN, K. A.; WIKTORSSON, H. Long term feeding of rapeseed meal, full fat rapeseed of double low cultivars to dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 199-214, Feb. 1993.

ERENBERG, A. et al. The effect of fetal thyroidectomy on thyroid hormone metabolism in maternal and fetal sheep. **Pediatric Research**, New York, v. 7, n. 11, 870- 877, 1973.

FARIA, R. Q. D. **Cinética de secagem e qualidade fisiológica das sementes de crambe**. 2010. 56 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2010.

FENWICK, G. R.; GRIFFITHS, N. M.; HEANEY, R. K. Bitterness in Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*): the role of glucosinolates and their breakdown products. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 34, p. 73-80, 1982.

FORHEAD, A. J. et al. Control of ovine hepatic growth hormone receptor and insulin-like growth factor I by thyroid hormones in utero. **American Journal Physiology**, Washington, v. 278, n. 6, p. E1166-E1174, 2002.

FUNDAÇÃO DO MATO GROSSO DO SUL. **Culturas para biodiesel, Crambe**. Maracajú, 2007. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

GLASER, L. K. **Crambe: an economic assessment of the feasibility of providing multiple- peril crop insurance**. Washington: Economic Research Service for the Risk Management Agency, 1996. Disponível em: <<http://www.rma.usda.gov/pilots/feasible/pdf/crambe.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 358 p.

GOULARTE, S. R. et al. Parâmetros sanguíneos de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 45., 2010, Palmas. **Anais...** Palmas: ZOOTEC, 2010. 1 CD-ROM.

INGALLS, J. R.; SHARMA, H. R. Feeding of Bronowski, Span and commercial rapeseed meal with or without addition of molasses or mustard in ration of

lactating cows. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 55, p. 721-729, 1975.

JASPER, S. P. **Cultura do crambe (*Crambe abyssinica hochst*):** avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto. 2009. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

JENSEN, S. K.; LIU, Y. G.; EGGUM, B. O. The effect of heat treatment on glucosinolates and nutritive value of rapeseed meal in rat. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 1, p. 17-28, May 1995.

KANEKO, J. J. Thyroid function. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5th ed. San Diego: Academic, 1997. p. 571-588.

KENNEDY, P. M.; YOUNG, B. A.; CHRISTOPHERSON, R. J. Studies on the relationship between thyroid function cold acclimation and relation time of digesta in sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 45, n. 5, p. 1084-1090, 1977.

KRAMER, J. K. G. et al. 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). **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 103, p. 1969-1708, 1973.

LAARVELD, B.; BROCKMAN, R. P.; CHRISTENSEN, D. A. The effects of Tower and Midas rapeseed meals on milk production and concentration of goitrogens and iodine in milk. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 61, p. 131-139, 1981.

LAMBERT, D. C. et al. Crambe meal protein and hulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 31, p. 601-607, 1970.

LIMA, P. C. R. **O biodiesel e a inclusão social**. Brasília: SETEX, 2004.
Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/H-Coord_Legislativa-Setex-Internet-2004_676.pdf>. Acesso em: 20 out. 2011.

MAHESHWARI, P. N.; STANLEY, D. W.; VAN, F. R. van de. Microwave treatment of dehulled rapeseed meal to inactivate myrosinase and its effect on oil

meal quality. **Journal America Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 57, p. 194-199, 1980.

MANDIKI, S. N. M. et al. Chemical changes and influence of rapeseed antinutritional factor on gestating and lactating ewes: part 1, animal performances and plasma hormones and glucose. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 25-35, July 2002.

MATAMOROS, R. et al. Hipotiroidismo em ruminantes. **Archivos de Medicina Veterinaria**, Valdivia, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2003.

MULLAN, B. P. et al. Evaluation of western Australian canola meal for growing pigs. **Australian Journal of Agricultural**, Collingwood, v. 51, n. 5, p. 547-553, May 2000.

MURPHY, J. J. et al. Effect on cow performance and milk fat composition of including full fat soybeans and 118 rapeseeds in the concentrate mixture for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 57, p. 295-306, 1990.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy of Science, 2001. 254 p.

NEIVA JÚNIOR, A. P. et al. Subprodutos agroindustriais do biodiesel na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA EPRODUÇÃO DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: RBTPB, 2007. p. 1-6.

NEVES, M. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidos em Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 9., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA, 2007. p. 97-98.

NEWKIRK, R. W. et al. The digestibility and content of amino acid in toasted and non-toasted canola meal. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 1, p. 131-139, Jan. 2003.

OLIVA, A. C. E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. 2010. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. de et al. Efeito de níveis de grãos soja na dieta de cabras: 2., produção e composição do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG.
Anais... Viçosa, MG: UFV, 2000. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA NETO, A. M. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do crambe. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 49-56, 2011.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 287-310.

PAPAS, A.; INGALLS, J. R.; CAMPBELL, L. D. Studies on the effects of rapeseed meal on thyroid status of cattle, glucosinolate, glucosinolate and iodine content of milk and other parameters. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 109, p. 1129-1139, 1979.

PERRY, T. W. et al. Crambe meal as a source of supplemental protein for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 48, n. 4, p. 758-763, 1979.

PETIT, H. V. et al. Performance of growing lambs fed grass silage with raw or extruded soybean or canola seeds. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 77, n. 1, p. 455-463, 1997.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe**. Maracaju: Fundação MS, 2010. 60 p.

POLIZEL, L. H. et al. AGRIFIS: simulador de prospecção de cenários e avaliação de projetos de produção de sementes, óleo in natura e biodiesel de mamona. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022006000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 mar. 2013.

ROGÉRIO, F. et al. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 251-255, mar. 2012.

ROSELER, D. K. et al. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 525-534, Feb. 1993.

SANTOS, F. P.; PEDROSO, A. M. **Metabolismo de proteína: nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583 p.

SOUZA, A. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, out. 2009.

TONISSI, R. H. et al. Degradabilidade in situ dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-227, 2010.

TRIPATHI, M.; MISHRA, A. S. Glucosinolates in animal nutrition: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 132, n. 1/2, p. 1-27, Jan. 2007.

TRIPATHI, M. K. et al. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilisation and growth of lambs fed high concentrate diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 111, n. 1, p. 27-39, Jan. 2004.

_____. Effect of untreated, HCl treated or copper and iodine supplemented high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal on nutrient utilisation, liver enzymes, thyroid hormones and growth of calves. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 73-85, Jan. 2001.

TRIPATHI, M. K.; TYAGI, A. K.; KARIM, S. A. Effect of mustard cake and its glucosinolates on milk production, milk composition and blood biochemistry of lactating ewes. **World Review of Animal Production**, Rome, v. 31, n. 2, p. 32-34, June 1996.

_____. Performance of weaner lambs maintained on mustard cake and groundnut meal based diets. **Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, v. 69, n. 11, p. 91-92, Jan. 1999.

TSENG, Y. T. et al. Regulation of 1-adrenoceptors by glucocorticoids and thyroid hormones in fetal sheep. **European Journal Pharmacology**, Amsterdam, v. 289, n. 2, p. 353-359, Apr. 1995.

TUCHWEBER, B.; LEDOUX-PERONNET, M.; DUGAS, B. Cardiac lesions, erucic acid and stress. In: CANOLA COUNCIL OF CANADA: CANADIAN CANOLA RESEARCH SUMMARY, 1, 1980, Winnipeg. **Proceedings...** Manitoba: Canola Council of Canada, 1980. p. 46.

TYSKA, D. et al. Uso do espectrofotômetro NIR na determinação dos níveis de aminoácidos totais em farelo de soja e milho. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 24., 2009, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2009. 1 CD-ROM.

VARGAS-LOPEZ, J. M. et al. Processing of crambe for oil and isolation of erucic acid. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 76, n. 7, p. 801-809, 1999.

VELÁSQUEZ, L. F. U. Ritmo circadiano de triiodotironina (T3) e Tiroxina (T4) plasmática em ovelhas Ideal durante o anestro estacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 508-513, maio/jun. 1997.

VIG, A. P.; WALIA, A. Beneficial effects of *Rhizopus oligosporus* fermentation on reduction of glucosinolates, fiber and phytic acid in rapeseed (*Brassica napus*) meal. **Bioresource Technology**, Essex, v. 78, n. 3, p. 309-312, July 2001.

WALDERN, D. E. Rapeseed meal versus soybean meal as the only protein supplement for lactating cows fed corn silage roughage. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 53, p. 107-112, 1973.

WALLIG, M. Effect of pelleting on glucosinolate content of Crambe meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 99, n. 1/4, p. 205-214, 2002.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 59, p. 381, 1962.

WITTWER, F. Empleo de los perfiles metabólicos en el diagnóstico de desbalances metabólicos nutricionales en el ganado. **Buiatria**, Lisboa, v. 2, n. 2, p. 16-20, abr. 1995.