

BRUNO PIETSCH CUNHA MENDONÇA

COPRODUTO DO CRAMBE NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M539c
2012

Mendonça, Bruno Pietsch Cunha, 1982-
Coproducto do crambe na alimentação de bovinos / Bruno
Pietsch Cunha Mendonça. – Viçosa, MG, 2012.
viii, 58f. : il. ; 29cm.

Orientador: Rogério de Paula Lana.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovino - Alimentação e rações. 2. Crambe na nutrição
animal. 3. *Crambe abyssinica*. 4. Digestibilidade.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 636.20852

BRUNO PIETSCH CUNHA MENDONÇA

COPRODUTO DO CRAMBE NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

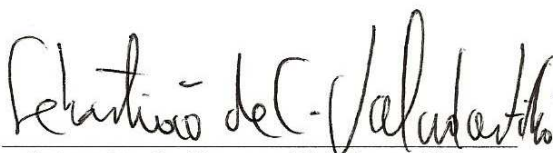
APROVADA: 12 de junho de 2012.



Aziz Galvão da Silva Junior



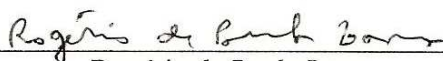
Rafael Henrique de Tonissi e B. de Goes



Sebastião de Campos Valadares Filho
(Coorientador)



Edenio Detmann
(Coorientador)



Rogério de Paula Lana
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de participação no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao CNPq, à Capes, à Fundação MS e à West Texas A&M University, pelo financiamento desta pesquisa.

Ao professor orientador, Rogério de Paula Lana, pelos ensinamentos, pela orientação e pela amizade.

Aos professores coorientadores, Sebastião de Campos Valadares Filho e Edenio Detmann, pelas sugestões e pela colaboração constante.

Ao professor Aziz Galvão da Silva Junior e ao Dr. Rafael Henrique de Tonissi e B. de Goes, pela participação na banca de tese e pelas sugestões.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, pela transmissão de conhecimento.

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

BIOGRAFIA

BRUNO PIETSCH CUNHA MENDONÇA, filho de Reinaldo Mendonça e Mercês Pietsch Cunha Mendonça, nasceu em Goiânia, Goiás, em 23 de agosto de 1982.

Em novembro de 1999, formou-se em técnico em pecuária pela Escola Técnica ITP Rural, sediada em Goiânia, Goiás.

Entre os anos de 2004 e 2005 estagiou por um ano em uma fazenda no estado da Flórida, nos Estados Unidos.

Em outubro de 2006, graduou-se como Zootecnista pela Universidade Federal de Viçosa.

Em 25 de fevereiro de 2008, defendeu sua dissertação de Mestrado em Zootecnia, pela Universidade Federal de Viçosa.

Em 12 de junho de 2012 defendeu sua tese de Doutorado em Zootecnia, pela Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| RESUMO..... | v |
| ABSTRACT..... | vii |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 5 |
| Uso do farelo e da torta de crambe na alimentação de bovinos..... | 6 |
| Resumo | 6 |
| 1. Introdução | 6 |
| 2. Material e métodos..... | 8 |
| 3. Resultados e discussão..... | 13 |
| 4. Conclusões | 21 |
| Agradecimentos | 21 |
| Literatura citada | 21 |
| Torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento..... | 24 |
| Resumo | 24 |
| 1. Introdução | 24 |
| 2. Material e métodos..... | 26 |
| 3. Resultados e discussão..... | 32 |
| 4. Conclusões | 37 |
| Agradecimentos | 37 |
| Literatura citada | 37 |
| Cinética de partículas fibrosas em bovinos nelore confinados recebendo dietas contendo torta e farelo de crambe (<i>Crambe abyssinica</i>) | 40 |
| Resumo | 40 |
| 1. Introdução | 41 |
| 2. Material e métodos..... | 43 |
| 3. Resultados e discussão..... | 48 |
| 4. Conclusões | 54 |
| Literatura citada | 54 |
| 2. CONCLUSÕES GERAIS..... | 58 |

RESUMO

MENDONÇA, Bruno Pietsch Cunha, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2012. **Coproduto do crambe na alimentação de bovinos.** Orientador: Rogério de Paula Lana. Coorientadores: Sebastião de Campos Valadares Filho e Edenio Detmann.

Foram conduzidos três experimentos para avaliar o efeito de níveis crescentes de farelo e torta de crambe na dieta de bovinos de corte em confinamento. No primeiro experimento foram utilizados oito bezerros nelores desmamados, fistulados no rúmen, com peso corporal médio inicial de $177 \pm 5,1$ kg, mantidos em baias individuais e com acesso irrestrito a água e a mistura mineral, para avaliação do consumo e da digestibilidade dos nutrientes. Os animais foram distribuídos em dois quadrados latinos 4×4 , sendo testada a torta de crambe no quadrado latino 1 e o farelo de crambe no quadrado latino 2, incluídos nas proporções de 0, 5, 10 e 15% na base da matéria seca, em dietas contendo 73% de feno de tifton 85 e 27% de concentrado à base de fubá de milho, farelo de soja e torta ou farelo de crambe. O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, com 18 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais ao tratamento e do 6^o ao 10^o dia para coleta de amostras. O consumo de matéria seca, de matéria orgânica, de proteína bruta, de fibra detergente neutro e de carboidratos não fibrosos não diferiu entre os diferentes níveis de inclusão de torta ou farelo de crambe, mas houve redução da digestibilidade, com aumento do farelo de crambe na maioria das vezes. No segundo experimento, foram utilizados cinco novilhos nelores com peso inicial médio de 335 ± 12 kg mantidos em baias individuais com comedouro e com acesso irrestrito a água, para determinação do consumo e da digestibilidade, e 40 novilhos com peso corporal médio de 345 ± 14 kg para avaliação do desempenho. Neste estudo, a dieta inicial foi composta com 55% de concentrado até o 7^o dia, 65% até o 14^o dia, 75% até o 21^o dia e 82% após o 21^o dia. O concentrado fornecido nas dietas de adaptação continha em sua composição 10% de torta de crambe, de forma a adaptar os animais a este ingrediente. A dieta definitiva foi constituída 82% de concentrado e 18,2% de silagem de sorgo na base da matéria seca e os níveis de inclusão da torta de crambe foram 0 (controle), 5, 10, 15 e 20%. Os ingredientes do concentrado foram sorgo moído, casca de soja, caroço de algodão, resíduo da colheita de soja, torta de crambe e núcleo mineral proteico. Houve efeito linear decrescente de nível de inclusão de torta de crambe sobre o peso corporal e

crescente sobre o consumo de extrato etéreo e houve efeito cúbico sobre o consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (CFDNcp), onde o maior valor foi observado da dieta-controle e o menor na dieta contendo 20% de torta de crambe. Os consumos de MS, PB, ureia, PB de ureia e CNFcp, bem como as digestibilidades e ganho de peso não foram afetados pelos tratamentos. No terceiro experimento, foram utilizados os mesmos animais do experimento 1, sendo que do 11^o ao 18^o dia dos períodos experimentais realizou-se procedimento para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de partículas fibrosas, que se baseou no fornecimento de indicador externo, em procedimento de dose única. Para cada animal foram fornecidos 100 g de fibra mordente, via fístula ruminal, às 8 horas, do 11^o dia, sendo as amostras fecais obtidas diretamente do reto dos animais, em 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72, 84, 96 e 120 horas após o fornecimento do indicador, para análises da matéria seca e do cromo. Os perfis de concentração dos indicadores foram analisados cineticamente utilizando o modelo descrito na literatura, como GNG1, considerando a ordem de dependência do tempo. As dietas contendo torta de crambe apresentaram menor tempo de retenção no rúmen-retículo e, por consequência, menor tempo total de retenção no TGI em relação às mesmas dietas com farelo de crambe. As dietas contendo 10% de torta ou farelo de crambe apresentaram menor tempo de retenção no rúmen-retículo e no TGI em relação aos demais níveis de inclusão (0, 5 e 15%). Concluiu-se que o farelo e a torta de crambe podem ser utilizados em até 15% de inclusão na matéria seca de dietas de bovinos em crescimento sem efeito negativo sobre o consumo e a digestibilidade de nutrientes, embora tenha havido tendência à redução de consumo no experimento com até 20% de inclusão de torta de crambe nas dietas de bovinos em confinamento, mas que foi compensada pela maior digestibilidade dos nutrientes e da boa eficiência alimentar quando comparada ao tratamento-controle.

ABSTRACT

MENDONÇA, Bruno Pietsch Cunha, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2012. **Crambe byproduct on bovine feeding.** Adviser: Rogério de Paula Lana. Co-advisers: Sebastião de Campos Valadares Filho and Edenio Detmann.

Three experiments were conducted to evaluate the effect of increasing levels of crambe meal and pie in the diet of beef cattle in feedlot. In the first experiment, eight Nellore weaned calves with rumen fistulae and average initial body weight of 177 ± 5.1 kg, kept in individual stalls and with unrestricted access to water and mineral mixture, were used for assessment of nutrient intake and digestibility. The animals were distributed in two Latin squares 4 x 4, being tested crambe pie in Latin square 1 and crambe meal in Latin square 2, included in the proportions of 0, 5, 10 and 15% on the dry matter basis in diets containing 73% of tifton 85 hay and 27% of concentrate based on corn meal, soybean meal and crambe pie or meal. The experiment was made up of four trial periods, with 18 days each, being the first five days for the adaptation of animals to the treatment and the sixth to tenth day to collect samples. The consumption of dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber and non fibrous carbohydrates did not differ between the different levels of inclusion of crambe pie or meal, but there was reduction of digestibility with increased crambe meal at most times. In the second experiment, five Nellore steers with average starting weight of 335 ± 12 kg, kept in individual stalls with feeders and with unrestricted access to water, were used for determining consumption and digestibility, and 40 steers with average body weight of 345 ± 14 kg for performance evaluation. In this study the initial diet was composed of 55% concentrate until the 7th day, 65% until the 14th day, 75% until the 21st day and 82% after the 21st day. The concentrate provided in the diets of adaptation contained in its composition 10% of crambe pie in order to adapt the animals to this ingredient. The final diet was made up 82% of concentrate and 18.2% of sorghum silage on dry matter basis and the inclusion levels of crambe pie were 0 (control), 5, 10, 15 and 20%. The concentrate ingredients were ground sorghum, soybean hulls, cottonseed, soybean crop residue, crambe pie and mineral protein premix. There was a decreasing linear effect of inclusion of crambe pie on body weight and increasing consumption of ether extract and cubic effect on consumption of neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFIap), where the largest value was observed in the control diet and diet and the smallest in the diet containing 20% crambe pie. The consumption of DM, CP, urea, CP

form urea and NFCap, as well as the digestibilities and weight gain were not affected by treatments. In the third experiment, the animals were the same used in experiment 1, being the eleventh to the eighteenth day of each trial period for evaluation of gastrointestinal transit kinetics of fibrous particles, which was based on the provision of external indicator, in single-dose procedure. It was provided for each animal, 100 g of mordent fiber via ruminal fistula, at 08:00 of the eleventh day, being the fecal samples obtained directly from the rectum of animals in 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72, 84, 96 and 120 hours after the delivery of the indicator for analysis of dry matter and chrome. Concentration profiles of indicators were analyzed through the model described in the literature as GNG1 considering time dependency order. Diets containing crambe pie presented lower retention time in the rumen-reticulum and, consequently, less total time of retention in gastrointestinal tract in relation to same diets with crambe meal. Diets containing 10% of crambe pie or meal presented lower retention time in the rumen-reticulum and in gastrointestinal tract in relation to other levels of inclusion (0, 5, and 15%). It is concluded that the crambe meal and pie can be used in up to 15% on dry matter of growing cattle diets without negative effect on consumption and nutrient digestibility, although there has been a tendency to reduction in consumption in the experiment with up to 20% of crambe pie inclusion in diets of feedlot cattle, but that was offset by higher digestibility of nutrients and good feed efficiency when compared to the control treatment.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A crescente preocupação mundial com o meio ambiente, juntamente com a busca por fontes de energia renováveis, coloca o biodiesel no centro das atenções e dos interesses na produção de energia renovável. Diversos países, entre esses o Brasil, procuram o caminho do domínio tecnológico desse biocombustível, tanto em nível agrônômico como industrial, o que deverá provocar impactos na economia brasileira e na política de inclusão social do País.

Há importantes aspectos envolvendo a cadeia do biodiesel no Brasil, destacando-se as questões relacionadas às matérias-primas e ao processo de produção industrial. O biodiesel é fabricado através de transesterificação, na qual a glicerina é separada da gordura. O processo gera dois principais produtos: ésteres (o nome químico do biodiesel) e glicerina; além de coprodutos (torta, farelo, etc.), que podem constituir outras fontes de renda importante para a indústria.

O cenário atual se mostra bastante oportuno, tendo em vista a prática do livre mercado para combustíveis, a redução das barreiras comerciais, a política energética, o perfil de produção e o consumo de diesel, a necessidade de se reduzir a poluição atmosférica, em particular nos grandes centros urbanos, e o grande interesse e a competitividade da indústria nacional, na qual o biodiesel pode ser importante produto

para exportação e para a matriz energética nacional. Associada à geração de emprego e renda nas regiões mais carentes do Brasil, representaria soluções de cunho regional mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis.

Considerando a grande oferta de coprodutos de biodiesel com potencial para serem utilizados na dieta de ruminantes, estão sendo desenvolvidos estudos com o objetivo de identificar e avaliar por meio da composição química e do valor nutricional de diversos coprodutos de biodiesel no País, que poderão ser racionalmente aproveitados na alimentação de ruminantes, além de verificar também a utilização desses coprodutos como fertilizantes, pois, caso apresentem toxicidade na dieta animal, seja pela composição química ou processo de extração, esta poderá inviabilizar a sua utilização na alimentação animal (CARNEIRO, 2010).

Geralmente, a torta ou o farelo gerado na extração do óleo não passam por processo de agregação de valor porque são desconhecidas as suas potencialidades nutricionais e econômicas; salvo algumas exceções, como soja, algodão e girassol. Associado a esse fato, são também desconhecidas as possibilidades de obtenção de receitas advindas do mercado de crédito de carbono, relativas à redução da emissão de gás metano passíveis de ocorrer desde o plantio (captação de carbono e hidrogênio) ao se utilizar rações contendo essas oleaginosas.

De acordo com estudos recentes na Austrália e no Canadá, para cada 1% de acréscimo de gordura na dieta de ruminantes, pode se reduzir em até 6% a quantidade de metano produzido por kg de matéria seca consumida (GRAINGER, 2008).

Além da soja, como principal cultura na produção de biodiesel no Brasil, existem outras culturas emergentes que possuem grande potencial para exploração, a exemplo do crambe. Sendo assim, há concomitantemente a necessidade de estudos para se buscar informações sobre os valores nutricionais dos respectivos coprodutos que

potencialmente podem ser utilizados como fontes de nutrientes para os animais domésticos, em especial os ruminantes.

Na criação intensiva de ruminantes, os gastos com alimentação representam um dos principais componentes do custo de produção. A busca de alimentos alternativos e de baixo valor comercial, como os resíduos e coprodutos agrícolas, representa uma forma de minimizar os gastos com alimentação. Entre os vários fatores a serem considerados na escolha de ingredientes a serem utilizados na alimentação de ruminantes, destacam-se: a quantidade disponível; a proximidade entre a fonte produtora e o local de consumo; as suas características nutricionais; e os custos de transporte, condicionamento e armazenagem. A viabilidade da utilização de resíduos e coprodutos agroindustriais, como alimentos para ruminantes, requer trabalhos de pesquisa e desenvolvimento, visando à sua caracterização, aplicação de métodos de tratamento, quantificação de seu valor nutritivo, além de sistemas de conservação, armazenagem e comercialização.

Além disso, o Brasil possui indústria pecuária desenvolvida com base na produção a pasto, onde o zebu, especialmente o nelore, é predominante. Entretanto, a produção de bovinos em sistemas a pasto, com suplementação exclusiva com minerais, leva ao mercado animais com 36 a 48 meses de idade, o que é considerado muito acima do que o mercado exige por qualidade e, especialmente, por maciez da carne. A sazonalidade da produção de bovinos no Brasil é devido às distintas épocas do ano (seca e águas). Por outro lado, a disponibilidade de terras, a grande diversidade de alimentos e os potencialmente utilizáveis, o grande mercado interno e a liberação de barreiras comerciais têm permitido às grandes empresas frigoríficas crescerem e se transformarem em multinacionais, o que vem contribuindo para que o País seja o de maior produção de carnes no mundo (SOMWARU; VALDES, 2004). Desde 2003, o Brasil é o maior

exportador de carne bovina do mundo e também o que possui o maior rebanho comercial (USDA, 2011).

Como estratégia para que a produção brasileira de carne bovina se torne mais eficiente e consiga atender à demanda externa por carne, os confinamentos passaram a ser uma nova realidade na última década. A relativa nova indústria de confinamentos no Brasil cresceu significativamente nos últimos 10 anos proporcionalmente à demanda externa por carne de bovinos confinados. Não obstante, os bovinos criados em sistema de confinamento são, em sua grande maioria, terminados nos meses do período da seca, quando a disponibilidade de pastagens reduz significativamente. Essa estratégia permite que haja suprimento de carne bovina durante todo o ano (MILLEN *et al.*, 2009; 2011).

Neste contexto, os coprodutos da extração de óleo em grãos oleaginosos, como o crambe, possuem potencial para compor dietas de bovinos sejam suplementadas a pasto ou em sistemas de engorda em confinamento. O farelo de crambe tem seu uso aprovado pela *Food and Drug Administration* para bovinos de corte em até 4,2% na dieta. Por possuir um teor de proteína de 23-27% (torta) ou 32-38% (farelo) na matéria seca, estes podem ser fontes menos onerosos de proteína na dieta de bovinos de corte, uma vez que as fontes convencionais de proteína vegetal para dieta de ruminantes possuem alto valor de mercado por competirem com a alimentação de animais não ruminantes e humanos.

Objetivou-se avaliar a ingestão voluntária de matéria seca, a digestibilidade dos nutrientes, o ganho de peso e a cinética de partículas fibrosas no sistema digestivo de bovinos nelore, alimentados com níveis crescentes de inclusão de farelo e, ou, torta de crambe na dieta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARNEIRO, H. Utilização de coprodutos de biodiesel para alimentação de ruminantes. *Panorama do Leite Online*, v. 4, n. 41, abril 2010.

GRAINGER, C. *GIA methane*: increasing fat can reduce methane emissions. GIA Newsletter. Department of Primary Industries, Melbourne, Australia. March 2008.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; MEYER P. M. Current outlook and future perspectives of beef production in Brazil. *Animal Frontiers*, v. 1, n. 2, October 2011.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B. *et al.* A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

SOMWARU, A.; VALDES, C. *Brazil's beef production and its efficiency*: A comparative study of scale economies. GTAP Seventh Annual Conference on Global Economic Analysis, Washington, 2004. p. 1-19.

USDA. *Livestock and poultry*: World markets and trade. United States Department of Agriculture, 2011. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2011/livestock_poultry.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2011.

Uso do farelo e da torta de crambe na alimentação de bovinos

Resumo: Foram utilizados oito bezerros Nelore desmamados, fistulados no rúmen, com peso corporal médio inicial de $177 \pm 5,1$ kg, mantidos em baias individuais e com acesso irrestrito a água e a mistura mineral, para avaliação do consumo e da digestibilidade dos nutrientes. Os animais foram distribuídos em dois quadrados latinos 4×4 , sendo testados a torta de crambe no quadrado latino 1 e o farelo de crambe no quadrado latino 2, incluídos nas proporções de 0, 5, 10 e 15% na base da matéria seca em dietas contendo 73% de feno de tifton 85 e 27% de concentrado à base de fubá de milho, farelo de soja e torta ou farelo de crambe. O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, com 18 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais ao tratamento e do 6^o ao 10^o dia para coleta de amostras. O consumo de matéria seca, de matéria orgânica, de proteína bruta, de fibra detergente neutro e de carboidratos não fibrosos não diferiu entre os diferentes níveis de inclusão de torta ou farelo de crambe, mas houve redução da digestibilidade com aumento do farelo de crambe na maioria das vezes.

1. Introdução

Com a crescente industrialização no Brasil, a produção de resíduos e coprodutos agroindustriais vem aumentando. Alguns desses não são aproveitados e considerados poluentes; porém, grande parte possui potencial para ser utilizado na alimentação de ruminantes, visando à redução de custos de produção, tendo em vista os elevados custos dos alimentos convencionais. Essa alternativa tende a viabilizar o sistema de produção para os produtores, além de reduzir os problemas causados pela deposição dos resíduos no meio ambiente.

No Brasil, o biodiesel é uma nova tecnologia alternativa aos combustíveis derivados do petróleo. Em dezembro de 2004, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNBP), visando ampliar a viabilidade do biodiesel no país (MELLO *et al.*, 2007). Fabricado a partir de fontes renováveis (girassol, soja, mamona, algodão, sebo, etc.), o biodiesel é um combustível que emite menor quantidade de poluentes que o diesel, derivado do petróleo, fonte não renovável de energia. A produção de biodiesel gera resíduos ou coprodutos com potencial de uso para alimentação animal.

Dentre as culturas que veem sendo estudadas no Brasil como possíveis substitutas das convencionais fontes de óleo para produção de biodiesel e de seus coprodutos (torta e farelo) para utilização em dietas para bovinos, o crambe (*Crambe abyssinica*) possui potencial de utilização. Originário da Etiópia, país africano de clima quente e seco, e domesticado na Europa, na região do Mediterrâneo, o crambe pertence à família das crucíferas, a mesma da colza e da canola. Como tem um ciclo médio de 90 dias, é indicado como excelente alternativa para a safrinha, em especial para produtores de soja e de milho, no sistema de rotação de culturas. O plantio apresenta produtividade que pode variar de 1.000 a 1.500 kg por hectare e, do grão, o óleo corresponde de 36% a 38%. Os coprodutos oriundos da extração do óleo do crambe (farelo e torta) são potenciais fontes proteicas para substituição de fontes tradicionais, como a soja e o caroço de algodão e seus respectivos coprodutos.

Objetivou-se avaliar o consumo voluntário e a digestibilidade em experimento utilizando novilhos nelores fistulados no rúmen e alimentados com dietas contendo torta ou farelo de crambe.

2. Material e métodos

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Animais e do Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, entre setembro e dezembro de 2009.

Foram utilizados oito bezerros nelores desmamados, com oito meses de idade e peso corporal médio inicial de $177 \pm 5,1$ kg, fistulados no rúmen, mantidos em baias individuais cobertas, com piso de concreto, providas de comedouro e com acesso irrestrito a água e a mistura mineral.

A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de tifton 85 (*Cynodon spp*), classificado como feno tipo B em relação às características nutricionais, sendo assim de qualidade média, com nível médio de proteína bruta (PB) de 9,1%, com base na matéria seca (MS), a qual foi fornecida como parte da dieta, compondo 73% da dieta total na base da MS.

A composição química do feno e dos demais ingredientes da dieta é apresentada na Tabela 1 e a composição das dietas dos diferentes tratamentos é mostrada nas Tabelas 2 e 3, para torta de crambe e farelo de crambe, respectivamente.

A torta e o farelo de crambe foram cedidos pela Fundação MS, situada no município de Maracaju, MS. A extração do óleo do grão de crambe foi feita por meio de prensa hidráulica e a torta resultante foi secada e armazenada para compor a dieta. O farelo, além da prensagem, sofreu tratamento com solventes para retirar mais óleo que não foi extraído com a prensagem mecânica.

Os oito animais foram distribuídos em dois quadrados latinos 4×4 , sendo testada a torta de crambe no quadrado latino 1 e o farelo de crambe no quadrado latino 2. A torta e o farelo de crambe foram incluídos nas proporções de 0, 5, 10 e 15% na base da matéria seca. A dieta fornecida continha 73% de feno e 27% de concentrado. O

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes da dieta

| Item | MS ¹ | MO ² | PB ² | EE ² | FDNcp ² |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Feno de tifton 85 | 89,8 | 94,0 | 9,1 | 2,4 | 73,0 |
| Fubá de milho | 89,8 | 98,5 | 8,9 | 4,1 | 12,0 |
| Farelo de soja | 90,2 | 94,1 | 50,0 | 1,5 | 11,0 |
| Torta de crambe | 89,7 | 94,4 | 27,5 | 19,7 | 25,8 |
| Farelo de crambe | 90,1 | 93,1 | 35,0 | 1,3 | 32,8 |

¹ %; e ² % MS.

Tabela 2 – Composição porcentual e química das dietas experimentais com torta de crambe

| Item | Tratamento (Nível de torta de crambe) | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| | Controle | 5 | 10 | 15 |
| | Proporção de ingredientes | | | |
| Feno de tifton 85 ¹ | 74,2 | 73,9 | 73,7 | 73,5 |
| Fubá de milho ¹ | 16,0 | 13,6 | 11,3 | 8,80 |
| Farelo de soja ¹ | 9,80 | 7,40 | 5,00 | 2,70 |
| Torta de crambe ¹ | 0,00 | 5,10 | 10,1 | 15,0 |
| | Composição (%) | | | |
| MS ¹ | 89,85 | 89,81 | 89,75 | 89,74 |
| PB ² | 12,91 | 12,92 | 12,94 | 12,94 |
| EE ² | 2,56 | 3,41 | 4,26 | 5,11 |
| FDNcp ² | 56,67 | 57,46 | 58,25 | 58,87 |
| CNF ² | 23,04 | 21,52 | 19,96 | 18,52 |

¹ Porcentagem (%); e ² Porcentagem da matéria seca. MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; e CNF = carboidrato não fibrosos.

Tabela 3 – Composição porcentual e química das dietas experimentais com farelo de crambe

| Item | Tratamento (Nível de farelo de crambe) | | | |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| Feno de tifton 85 ¹ | 74,2 | 73,9 | 73,8 | 74,3 |
| Fubá de milho ¹ | 16,0 | 14,4 | 12,6 | 10,7 |
| Farelo de soja ¹ | 9,80 | 6,60 | 3,50 | 0,20 |
| Farelo de crambe ¹ | - | 5,10 | 10,1 | 15,0 |
| MS ¹ | 89,85 | 89,80 | 89,78 | 89,74 |
| PB ² | 12,91 | 12,97 | 13,07 | 13,04 |
| EE ² | 2,56 | 2,51 | 2,46 | 2,41 |
| FDNcp ² | 56,67 | 57,88 | 59,03 | 60,28 |
| CNFcp ² | 24,64 | 21,93 | 20,84 | 19,68 |

¹ Porcentagem (%); e ² Porcentagem da matéria seca. MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; CNFcp = carboidrato não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína.

concentrado usado possuía em sua composição fubá de milho, farelo de soja e torta ou farelo de crambe. As dietas tiveram como base a inclusão dos coprodutos do crambe em substituição aos demais ingredientes, mantendo-se isoproteicas e isoenergéticas (exceto para as dietas do quadrado latino da torta de crambe), não havendo assim um ingrediente específico a ser substituído.

O fornecimento da dieta foi de forma *ad libitum*, permitindo-se entre 5 e 10% de sobras, sendo fracionada em duas porções diárias correspondentes a 60 e 40% do total, às 8 e 16 horas, respectivamente. Antes do fornecimento, o volumoso e o concentrado foram pesados separadamente e no fornecimento eram misturados para que ficassem de forma mais homogênea possível no cocho. O ofertado e as respectivas sobras foram quantificados diariamente. Antes do fornecimento do trato pesavam-se as sobras do dia anterior para, se necessário, realizar os ajustes de fornecimento da dieta. Estes ajustes foram feitos mediante pesagem das sobras, em que, em quantidades inferiores a 5% de sobras no cocho, aumentavam-se 5% no fornecimento da dieta no dia seguinte, e sobras acima de 10% reduziavam-se o fornecimento da dieta em 5% no dia seguinte.

O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, com 18 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais ao tratamento. Para efeito de quantificação do consumo voluntário foram considerados os alimentos fornecidos entre o sexto e o 10^o dia de cada período experimental, sendo as sobras computadas entre o sétimo e o 11^o dia. As amostras de volumoso e sobras foram processadas em moinho de facas (1 e 2 mm), acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posterior análise.

Para estimação dos coeficientes de digestibilidade foram realizadas coletas fecais diretamente no reto dos animais do sétimo ao décimo dia do período experimental, segundo a distribuição: 7^o dia – 6 e 14 horas; 8^o dia – 8 e 16 horas; 9^o dia

– 10 e 18 horas; e 10^o dia – 12 e 20 horas. As amostras de fezes foram secas em estufa de ventilação forçada (60 °C/72 horas) e processadas em moinho de facas (1 mm). Posteriormente, foram elaboradas amostras compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

Para avaliação do pH, foram realizadas no sexto dia do período experimental, coletas de líquido ruminal às 8 horas (antes do trato da manhã); 9, 10, 12 e 16 horas, obtendo-se a média destes tempos para posterior análise estatística. As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal e submetidas à avaliação do pH por intermédio de potenciômetro digital.

As amostras de concentrado, feno, sobras e fezes foram avaliadas quanto aos teores de MS, MO, PB, EE, segundo técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). Os teores de FDN foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002). As correções no tocante aos teores de cinzas contidos na FDN foram conduzidas conforme recomendações de Mertens (2002).

Para quantificação do consumo de CNF para os tratamentos envolvendo a suplementação com compostos nitrogenados utilizou-se a equação de Hall (2000):

$$CCNF = CMO - [CEE + CFDN + CPB]$$

em que CCNF, CMO, CEE, CFDN_{cp}, CPB, CPB_{ur} e Cur equivalem aos consumos de carboidratos não fibrosos, matéria orgânica, extrato etéreo, FDN corrigido para cinzas e proteína, proteína bruta, proteína bruta proveniente da ureia, e de ureia, respectivamente (kg/dia).

As estimativas de excreção fecal foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno. Amostras de feno, sobras e fezes foram processadas em moinho de facas (2 mm) e incubadas em duplicata (20 mg MS/cm²) em sacos de tecido não tecido (TNT – 100 g/m²) no rúmen de dois novilhos nelore à pasto (*Brachiaria*

decumbens), recebendo 700 g de suplemento proteico por 240 horas (CASALI *et al.*, 2008). Após este período, o material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro (MERTENS, 2002), para quantificação dos teores de FDNi. Os valores de excreção fecal foram obtidos por meio da relação entre consumo e concentração fecal de FDNi.

O experimento foi analisado em delineamento em quadrado latino 4 × 4 duplicado (um para torta de crambe e outro para farelo de crambe), com quatro níveis de inclusão (0, 5, 10 e 15%), quatro animais por quadrado latino e quatro períodos experimentais. As análises foram feitas usando o procedimento GLM do MINITAB (RYAN; JOINER, 1994), a 5% de probabilidade, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + N_j + Q_i * N_j + A_{k/} Q_i + P_{l/} Q_i + E_{ijkl}$$

em que Y_{ijkl} é a observação referente ao quadrado latino i , nível de inclusão j , animal k dentro de quadrado latino i e período l dentro de quadrado latino i ; μ , a media geral; Q_i , o efeito do quadrado latino i , $i = 1$ e 2 (torta *versus* farelo); N_j , o efeito do nível de inclusão j , $j = 1, 2, 3$ e 4 (0, 5, 10 e 15%); $Q_i * N_j$ = a interação entre o quadrado latino i e o nível de inclusão j ; $A_{k/} Q_i$, o efeito do animal k dentro do quadrado latino i , $k = 1, 2, 3$ e 4 ; $P_{l/} Q_i$, o efeito do período l dentro do quadrado latino i , $l = 1, 2, 3$ e 4 ; e E_{ijkl} , o erro aleatório associado a cada observação. Quando o nível de inclusão ou sua interação com o quadrado latino (torta *versus* farelo) foi significativo, foram feitas análises de regressão (linear, quadrática e cúbica) para encontrar o melhor modelo de ajuste aos dados.

3. Resultados e discussão

O teor de PB, obtido para o farelo de crambe encontrado (35,0%; Tabela 1), está entre os encontrados por Anderson *et al.* (1993) e Mizubuti *et al.* (2011), que foram de 37,07 e 34,6%, respectivamente. Da mesma forma, o teor de PB da torta de crambe (27,5%; Tabela 1) foi próximo ao encontrado por Mizubuti *et al.* (2011), porém bastante divergente do valor encontrado por Goes *et al.* (2010), que foi de 52,8%. Segundo os pesquisadores, estas variações demonstram a falta de padronização destes produtos, em virtude da variação no processamento do grão feito por diferentes métodos e equipamentos.

O consumo de matéria seca, de matéria orgânica, de proteína bruta, de fibra detergente neutro e de carboidratos não fibrosos não diferiu ($P > 0,05$) entre os diferentes níveis de inclusão de torta ou farelo de crambe, não havendo interação entre a fonte de proteína testada (torta e farelo) e o nível de inclusão do alimento na dieta, como é apresentado na Tabela 4.

Não houve diferença no consumo ($P > 0,05$) entre os diferentes níveis de inclusão para ambas as fontes (torta e farelo). Em um estudo com cordeiros, Canova (2012) avaliou a substituição da proteína oriunda do farelo de soja pela proteína da torta de crambe (22, 44, 64% e um tratamento-controle), sendo a relação volumoso:concentrado de 30:70. Assim, as dietas na base da matéria seca continham 0 (controle), 6,72, 13,86 e 21% de torta de crambe, respectivamente. O autor observou diminuição linear significativa no consumo diário de MS (atribuiu este fato à baixa palatabilidade do crambe), porém, sem alterar o consumo total diário de MS em porcentagem do peso corporal (% PC) e por unidade do tamanho metabólico (UTM).

Este mesmo autor atribuiu à diminuição do consumo total de MS em virtude da diminuição da digestibilidade da MS e da digestibilidade da fração fibrosa da dieta.

Tabela 4 – Consumo de matéria seca e de nutrientes em função das dietas experimentais

| Item | Torta | | | | Farelo | | | | EP | Valor de P | | |
|-------------|-------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------------|--------------------|-------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 0 | 5 | 10 | 15 | | F | N | FxN |
| CMS (kg) | 4,35 | 4,35 | 4,2 | 3,84 | 4,12 | 4,58 | 4,51 | 3,7 | 0,25 | 0,96 | 0,15 | 0,82 |
| CMS (%PV) | 2,4 | 2,32 | 2,31 | 2,05 | 2,27 | 2,48 | 2,46 | 2,01 | 0,12 | 0,99 | 0,13 | 0,76 |
| CMO (kg) | 4,08 | 4,1 | 3,96 | 3,63 | 3,86 | 4,30 | 4,25 | 3,49 | 0,23 | 0,94 | 0,14 | 0,82 |
| CPB (kg) | 0,56 | 0,56 | 0,54 | 0,49 | 0,53 | 0,59 | 0,59 | 0,48 | 0,03 | 0,99 | 0,12 | 0,75 |
| CEE (kg) | 0,11 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,01 | 0,84 | 0,001 ¹ | 0,001 |
| CFDNcp (kg) | 2,47 | 2,50 | 2,45 | 2,26 | 2,33 | 2,65 | 2,66 | 2,23 | 0,46 | 0,96 | 0,14 | 0,68 |
| CCNF (kg) | 0,94 | 0,88 | 0,79 | 0,67 | 0,89 | 0,94 | 0,88 | 0,69 | 2,87 | 0,65 | 0,13 | 0,13 |

¹ CEE = 0,114+0,00235X .

Provavelmente, o alto teor de EE presente na torta de crambe pode ter contribuído, também, para esse resultado. No atual estudo não foi encontrada diferença ($P > 0,05$) no CMS, em kg/dia, nem no CMS, em %/PC, à medida que os níveis de inclusão tanto de torta como de farelo de crambe na dieta foram aumentados.

O consumo de matéria seca em % do PC para as diferentes dietas experimentais observadas neste estudo foram inferiores às previstas pelo NRC (1996) e para o BR-Corte (2011), que foram, respectivamente de 3,77 e 3,63%, para um novilho nelore com 180 kg de peso vivo com ganho médio diário de 0,5 kg/dia. O relativo baixo consumo de matéria seca em % do PC pode ser atribuído ao alto teor de volumoso nas dietas experimentais (aproximadamente 73%), o que promoveu um efeito físico de repleção ruminal e inibindo maior ingestão de alimento pelo animal.

Corroborando as observações de Canova (2012), houve aumento no teor de extrato etéreo, à medida que se acrescentou mais torta de crambe na dieta, sendo este um possível motivo para redução no CMS diário.

Para que haja bom desempenho produtivo dos ruminantes é preciso ter um consumo alimentar adequado, que, por sua vez, depende do consumo de MS e de sua concentração energética.

Os maiores valores observados para consumo de matéria seca, tanto no estudo com torta quanto no estudo com farelo, foram para os níveis de 5% de inclusão. Sendo que para torta de crambe encontrou-se um valor semelhante para os tratamentos-controle e com 5% de inclusão de torta (4,35 kg/dia) e uma seguinte queda no consumo nos tratamentos 10 e 15% (4,2 e 3,84 kg/dia, respectivamente). Nas dietas com farelo de crambe o tratamento com 5% de inclusão foi o que apresentou maior CMS voluntário (4,58 kg/dia), seguido pelos tratamentos-controle, 10 e 15% (4,51, 4,12 e 3,7 kg/dia).

A qualidade biológica da torta e do farelo de crambe é afetada pela presença de glucosinolato (epi-progoitrina). Existem tipos diferentes de glucosinolatos com distintos derivados, sendo eles os isotiocianatos, tiocianatos e nitrilas, considerados tóxicos para a pecuária, potencialmente causadores de danos hepáticos e em outros órgãos, mas, também, reduzem a palatabilidade. Essas substâncias também afetam a disponibilidade de iodo e causam mudanças fisiológicas e morfológicas da tireóide, principalmente em animais não ruminantes (TRIPATHI; MISHRA, 2007). O glucosinolato é uma classe de compostos orgânicos que contêm enxofre e são derivados de glicose e um aminoácido (van ETTEN; GAGNE, 1969; MURAKAMI *et al.*, 1995). Wallig *et al.* (2002) relataram que a torta de crambe pode conter quantidade significativas de glucosinolato. Em dietas para ruminantes essa substância é facilmente degradada pelos microrganismos ruminais, tendo, portanto, o glucosinolato pouco efeito sobre os ruminantes. Porém, a ingestão voluntária de uma dieta com altos teores de torta e, ou, de farelo de crambe pode ficar comprometida pela baixa palatabilidade deste alimento.

Os processos de extração existentes nas indústrias esmagadoras (decorticagem, floculagem, condicionamento, expansão, extração por solvente e tostagem do farelo) reduzem o conteúdo de glucosinolatos entre 64 a 79% do valor encontrado na semente *in natura* (FUNDAÇÃO MS, 2011), possibilitando, com isso, a utilização da torta de crambe como fonte de proteína na dieta de ruminantes.

Já o consumo de extrato etéreo apresentou diferença significativa para o nível de inclusão e ainda houve interação entre o nível de inclusão e a fonte de crambe utilizada. Esta diferença pode ser explicada em virtude da grande quantidade de óleo e outros componentes da fração extrato etéreo presentes na torta de crambe (19,7% da MS), que contribuíram para aumento no consumo deste nutriente ao mesmo tempo em que os níveis de inclusão da torta de crambe na dieta foram maiores.

A fonte de crambe (torta ou farelo) não apresentou efeito significativo para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes e o teor de nutrientes digestíveis totais – NDT (Tabela 5). Do mesmo modo, o nível de inclusão também não apresentou efeito sobre estas variáveis, exceto para a digestibilidade do extrato etéreo e o teor de NDT, que diminuíram. O coeficiente de digestibilidade da PB e dos CNFcp foram os únicos que não apresentaram interação entre a fonte utilizada e o nível de inclusão de crambe na dieta.

As digestibilidades apresentaram valores relativamente baixos e estes resultados podem ser atribuídos à grande inclusão de volumoso na dieta, sendo um feno tipo B, que consiste em uma gramínea seca com grande quantidade de colmos lignificados em sua composição.

Segundo Johnson e McClure (1972) e Ørskov *et al.* (1978), a inclusão de níveis superiores a 5% de gordura na dieta de ruminantes pode levar à diminuição da ingestão, associada à redução da digestão da celulose. Segundo o AFRC (1993), os óleos não fornecem adenosina-tri-fosfato para o crescimento dos microrganismos ruminais e, assim, níveis elevados desta fração nutritiva podem diminuir a digestibilidade da fração fibrosa.

A dieta com nível de 15% de inclusão da torta de crambe apresentou teor de EE de 5,11%, pouco acima dos 5% preconizados por Johnson e McClure (1972) e Ørskov *et al.* (1978), porém essa diferença não reduziu a digestibilidade da FDN. Canova (2011) observou redução significativa ($P \leq 0,05$) na digestibilidade da FDN, à medida que substituiu farelo de soja por torta de crambe em dietas com ovinos, nas dietas com níveis de EE em 1,93, 4,57, 7,16 e 10,01% na MS.

Tabela 5 – Digestibilidade da massa seca e dos nutrientes, nutrientes digestíveis totais e energia metabolizável, em função das dietas experimentais

| Item | Torta | | | | Farelo | | | | EP | Valor de P | | |
|------------|-------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------------|--------------------|-------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 0 | 5 | 10 | 15 | | F | N | FxN |
| DMS (%) | 63,9 | 64,9 | 62,8 | 64,9 | 60,5 | 60,1 | 57,4 | 52,6 | 1,47 | 0,18 | 0,212 | 0,01 |
| DMO (%) | 63,4 | 64,6 | 62,7 | 64,8 | 61,4 | 60,7 | 58,3 | 53,7 | 1,47 | 0,49 | 0,201 | 0,01 |
| DPB (%) | 69,1 | 71,1 | 71,4 | 72,4 | 67,6 | 65,7 | 64,8 | 65,3 | 2,54 | 0,44 | 0,738 | 0,27 |
| DEE (%) | 63,0 | 71,9 | 71,3 | 79,9 | 63,5 | 51,2 | 45,3 | 46,1 | 4,77 | 0,51 | 0,025 ¹ | 0,002 |
| DFDNcp (%) | 52,1 | 51,5 | 50,0 | 51,8 | 49,4 | 48,2 | 45,7 | 42,2 | 1,61 | 0,38 | 0,645 | 0,04 |
| DCNFcp (%) | 77,2 | 79,2 | 78,8 | 79,7 | 77,4 | 78,6 | 78,7 | 76,9 | 0,87 | 0,65 | 0,133 | 0,13 |
| NDT (%) | 59,8 | 61,4 | 60,9 | 63,8 | 58,2 | 56,6 | 54,3 | 51,6 | 1,01 | 0,31 | 0,002 ² | 0,001 |

MS = massa seca; MO = massa orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; CNFcp = carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína; NDT = nutrientes digestíveis totais; EM = energia metabolizável.

¹ CDEE = 62,2-0,081X; ² %NDT = 59,1- 0,106X; ³ EMmcal/kgMS = 2,14-0,00384X

A digestibilidade do EE (DEE) e o NDT apresentaram comportamento semelhante havendo efeito significativo para a interação entre fonte e nível (Tabelas 5 e 6). No experimento com torta de crambe houve aumento significativo na DEE, enquanto no experimento com farelo de crambe o efeito foi inverso. Como o extrato etéreo é componente das equações para cálculo do NDT e, por consequência, da EM, os resultados estatísticos para estes dois itens seguiram a mesma tendência.

O consumo de extrato etéreo aumentou 72% no nível de 15% de inclusão de torta de crambe em relação ao tratamento-controle, enquanto para o farelo reduziu 10% (Tabela 6).

Tabela 6 – Interação entre fontes de proteína e níveis de inclusão no concentrado para algumas variáveis

| Item | Fonte | Níveis | | | | Variação (%) ¹ |
|---------------|-------|--------|------|------|------|---------------------------|
| | | 0 | 5 | 10 | 15 | |
| CEE (kg) | T | 0,11 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | +72 |
| | F | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | -10 |
| DMS (%) | T | 63,9 | 64,9 | 62,8 | 64,9 | +1,5 |
| | F | 60,5 | 60,1 | 57,4 | 52,6 | -13,6 |
| DEE (%) | T | 63,0 | 71,9 | 71,3 | 79,9 | +27 |
| | F | 63,5 | 51,2 | 44,3 | 46,1 | -27 |
| DFDNcp (%) | T | 52,1 | 51,5 | 50,0 | 51,8 | -0,58 |
| CDFDNcp | F | 49,4 | 48,2 | 45,7 | 42,2 | -15 |
| DCNFcp (%) | T | 77,2 | 79,2 | 78,8 | 79,7 | +3 |
| | F | 77,4 | 78,6 | 78,7 | 76,9 | -0,65 |
| NDT (%) | T | 59,8 | 61,4 | 60,9 | 63,8 | +7 |
| | F | 58,2 | 56,6 | 54,3 | 51,6 | -11 |
| EM (Kcal/gMS) | T | 2,16 | 2,22 | 2,20 | 2,31 | +7 |
| | F | 2,10 | 2,05 | 1,96 | 1,86 | -11 |

¹ Variação do menor para o maior nível.

A DMS se manteve similar para os tratamentos com torta de crambe (variação de 2,3%), comportamento semelhante à DFDNcp (-0,58%). Porém, para os tratamentos em que o farelo foi testado houve diminuição nas digestibilidades de 20 e 15%, respectivamente, para a MS e para o FDNcp.

A DCNFcp sofreu pequena variação, registrando aumento de 3% no nível de 15% de inclusão da torta de crambe, comparado com a variação negativa de 0,65% para o farelo de crambe.

A DEE, NDT e a EM apresentaram o mesmo comportamento quando foram analisadas as interações entre fonte e nível. A DEE foi 27% maior para o nível de 15% de torta de crambe em relação ao nível-controle, ao mesmo tempo houve diminuição na DEE na ordem de 28% para o farelo de crambe. O NDT e a EM apresentaram os mesmos valores tanto para torta (aumento de 7%) e farelo (redução em 11%). A redução do NDT e EM da dieta contendo farelo de crambe ocorreu em virtude da redução do consumo e da digestibilidade do extrato etéreo e, principalmente, redução da digestibilidade da MS e FDNcp, sendo a última a principal fração da MS da dieta (Tabela 4).

O aumento no consumo de extrato etéreo, no tratamento contendo torta de crambe, proporcionou aumento na digestibilidade do extrato etéreo em relação ao farelo de crambe (Tabela 6), em virtude da diluição do extrato etéreo da fração endógena, fração esta que causa redução na estimativa da digestibilidade aparente do extrato etéreo (SILVA; LEÃO, 1979).

Houve efeito ($P \leq 0,05$) de fontes de coprodutos de crambe, nível de inclusão e interação fontes * nível de inclusão sobre o pH ruminal (Tabela 7). O pH variou de 6,24 a 6,60, faixa em que não se espera efeito negativo sobre a fermentação ruminal, uma vez que valores de pH superiores a 6,2 não prejudicam a ação das bactérias celulolíticas (RUSSELL, 1984; RUSSELL et al., 1992). Nota-se que não houve efeito na digestão da FDN. Os valores elevados de pH estão associados ao alto percentual de volumosos (74%) e de FDN das dietas experimentais (acima de 56% na matéria seca) (Tabela 2).

Tabela 7 – Valores médios de pH ruminal

| Item | Nível de Inclusão | | | | Erro-padrão |
|---------------------|-------------------|------|------|------|-------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | |
| Torta ¹ | 6,24 | 6,60 | 6,51 | 6,51 | 0,03 |
| Farelo ² | 6,39 | 6,45 | 6,50 | 6,38 | 0,03 |

¹ pH = 6,24 + 0,153*X - 0,0198*X² + 0,00072*X³; R² = 75%.

² pH = 6,38 + 0,0274*X - 0,0018*X²; R² = 24%.

4. Conclusões

O farelo e a torta de crambe podem ser utilizados em até 15% de inclusão na matéria seca de dietas de bovinos em crescimento sem efeito negativo sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes.

Agradecimentos

À Fundação MS, situada no município de Maracaju, MS, pelo financiamento do projeto e fornecimento da torta e do farelo de crambe.

Literatura citada

ANDERSON, V. L.; SLANGER, W. D.; BOYLES, S. L. *et al.* Crambe meal is equivalent to soybean meal for backgrounding and finishing beef steers. *Journal of Animal Science*, v. 71, p. 2608-2613, 1993.

AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. *et al.* Predição de consumo de matéria seca por bovinos de corte em confinamento. In: VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L. *et al.* (Org.). *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE*. 2. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, v. 1, p. 1-11, 2010.

CANOVA, E. B. *Torta de crambe (Crambe Abyssinica Hochst) na alimentação de cordeiros*. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, 2012.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. *et al.* Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 2, p. 335-342, 2008.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL – FUNDAÇÃO MS. Maracaju – MS. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/>>. Acesso em: 24 fev. 2012.

GOES, R.; SOUZA, K.; PATUSSI, R. *et al.* Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-277, 2010.

HALL, M. B. *Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual*. Gainesville: University of Florida, 2000. 42 p. (Extension Bulletin, 339).

MELLO, F. O. T.; PAULILLO, L. F.; VIAN, C. E. F. O biodiesel no Brasil: panorama, perspectivas e desafios. *Informações Econômicas*, v. 37, n. 1, p. 28-40, 2007.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S. *et al.* Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, supl. 1, p. 2021-2028, 2011.

MURAKAMI, A. E.; OKAMOTO, E.; MOREIRA, I. *et al.* Farelo de canola na alimentação de frangos de corte. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 24, n. 3, p. 437-444, 1995b.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7. ed. Washington: National Academy Press, 1996. 234 p.

RYAN, B. F.; JOINER, B. L. *Minitab handbook*. 3. ed. Belmont, CA, EUA: Duxbury Press, 1994.

RUSSELL, J. B. Factors influencing competition and composition of the ruminal bacterial flora. In: GILCHRIST, F. M. C.; MACKIE, R. I. (Ed.). *The herbivore nutrition in the subtropics and tropics*. Craighall, South Africa: Science Press, 1984. p. 313-345.

RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, v. 70, p. 3551-3561, 1992.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235 p.

TRIPATHI, M. K.; MISHRA, A. S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, v. 132, p. 1-27, 2007.

VAN ETTEN, C. H. *Toxic constituents of plant foodstuffs in Goitrogens*. In: LIENER, I. E. (Ed.). New York: Academic Press, 1969. p. 103.

van ETTEN, C. H.; GAGNE, W. E.; ROBBINS, D. J. *et al.* Biological evaluation of crambe seed meals and derived products by rat feeding. *Cereal Chemistry*, v. 46, p. 145, 1969.

WALLIG, M. A.; BELYEA, R. L.; TUMBLESON, M. E. Effect of pelleting on glucosinolate content of crambe meal. *Animal Feed Science and Technology*, v. 99, p. 205-214, 2002.

Torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento

Resumo: Foram utilizados cinco novilhos nelores com peso inicial médio de 335 ± 12 kg mantidos em baias individuais com comedouro e com acesso irrestrito a água, para determinação do consumo e da digestibilidade, e 40 novilhos com peso corporal médio de 345 ± 14 kg para avaliação do desempenho. Neste estudo, a dieta inicial foi composta com 55% de concentrado até o 7^o dia, 65% até o 14^o dia, 75% até o 21^o dia e 82% após o 21^o dia. O concentrado fornecido nas dietas de adaptação continha em sua composição 10% de torta de crambe, de forma a adaptar os animais a este ingrediente. A dieta definitiva foi constituída 82% de concentrado e 18,2% de silagem de sorgo na base da matéria seca e os níveis de inclusão da torta de crambe foram 0 (controle), 5, 10, 15 e 20%. Os ingredientes do concentrado foram sorgo moído, casca de soja, caroço de algodão, resíduo da colheita de soja, torta de crambe e núcleo mineral proteico. Houve efeito linear decrescente de nível de inclusão de torta de crambe sobre o peso corporal e crescente sobre o consumo de extrato etéreo e houve efeito cúbico sobre o consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (CFDNcp), em que o maior valor foi observado da dieta-controle e o menor na dieta contendo 20% de torta de crambe. Os consumos de MS, PB, ureia, PB de ureia e CNFcp, bem como as digestibilidades e os ganho de peso não foram afetados pelos tratamentos.

1. Introdução

O aumento da demanda por combustíveis, associado à crescente preocupação com o meio ambiente, tem fomentado a busca por fontes alternativas de energia no Brasil e no mundo. O fomento à produção de biodiesel constitui meta governamental no Brasil para redução da dependência externa de fontes não renováveis de combustíveis. Além disso, a utilização de fontes renováveis, além de ser apreciada sob o ponto de

vista ambiental, apresenta papel fundamental no estabelecimento de programas de agricultura familiar.

Com a extração do óleo produz-se número elevado de coprodutos e subprodutos, os quais, sem a devida destinação, podem vir a constituir problema em função de seu acúmulo no ambiente. A produção de tortas e farelos, a partir de oleaginosas, correspondente ao biodiesel produzido em 2008, pode ser estimada em 3,7 milhões de toneladas; considerando as mesmas proporções, o Brasil poderá produzir cerca de 8,9 milhões de toneladas de torta em 2013 (ABDALLA *et al.*, 2008). A composição varia em função da espécie, do cultivar da oleaginosa e do tipo de extração, sendo que as tortas são obtidas após extração mecânica e os farelos são obtidos após a extração com solvente.

Muitos destes coprodutos possuem características que permitem a sua utilização como fonte alternativa de proteína para a nutrição de ruminantes. Em virtude da grande competição internacional por mercados consumidores de carne bovina há incessante busca em se utilizar alimentos mais baratos, uma vez que os alimentos convencionalmente utilizados na nutrição de bovinos confinados como milho e soja, também podem ser utilizados na nutrição de animais não ruminantes e humanos. Assim, os coprodutos da produção de biodiesel são alimentos que podem substituir os alimentos convencionais, reduzindo-se o seu custo de alimentação.

A torta de crambe (*Crambe abyssinica*), por ser um alimento concentrado proteico, possui grande potencial de uso em substituição aos convencionais alimentos usados em dietas de confinamento, como o caroço de algodão e o farelo de soja.

Segundo Abdalla *et al.* (2008), a utilização da torta de crambe na alimentação animal requer cuidados, pois a torta pode ser oriunda de grãos que vêm de regiões com índice de aflatoxina. A aflatoxina é a infestação pós-colheita pelo fungo *Aspergillus*

flavus, o qual produz a aflatoxina de alta letalidade (hepatotóxica, cancerígena e teratogênica); entretanto, cuidados na colheita e armazenagem adequada reduzem consideravelmente os problemas advindos da infestação.

O objetivo deste estudo foi avaliar o consumo, a digestibilidade e o desempenho de bovinos da raça nelore submetidos a níveis crescentes de torta de crambe na dieta.

2. Material e métodos

Os experimentos foram realizados na Fazenda Ferradura, município de Pontal do Araguaia, MT, região do vale do Araguaia motogrossense, entre os meses de julho e novembro de 2009.

Foram utilizados cinco novilhos nelore com idade média de 20 e peso inicial médio de 335 ± 12 kg, mantidos em baias individuais com comedouro e com acesso irrestrito a água, para determinação do consumo e da digestibilidade e 40 novilhos com peso corporal médio de 345 ± 14 kg, para avaliação do desempenho.

Logo após a escolha dos animais, que foram utilizados no experimento para determinação do consumo e digestibilidade, os mesmos foram conduzidos às suas baias onde lhes foram fornecidos água e silagem de sorgo durante os dois primeiros dias, para que os novilhos se adaptassem ao novo ambiente, uma vez que os novilhos até então foram criados a pasto. No terceiro dia iniciou-se o processo de adaptação às dietas com alto teor de concentrado, constituído em três etapas que consistiam em um aumento gradativo de concentrado na dieta, permitindo com que os microrganismos ruminais se adaptassem à nova dieta.

Segundo Millen *et al.* (2009), este é o protocolo mais utilizado no Brasil na adaptação de bovinos à dietas de alto concentrado (quase 50% dos nutricionistas). Este método é conhecido como método de escadas ou método gradual, escalonado ou *step up*. Este protocolo tem como base adaptar os bovinos que estavam sendo alimentados com

uma dieta com base em forragens (animais recriados a pasto ou bezerros desmamados) e levar estes mesmos a uma dieta final com mais de 80% de grãos na sua composição. Assim como o próprio nome diz, o protocolo em escadas aumenta gradualmente e por um período de dias para que o consumo se estabilize e que os microrganismos ruminais se adaptem às mudanças na composição da dieta e das mudanças nos substratos e, conseqüentemente, aos produtos da fermentação ruminal e o pH. Estes mesmo autores afirmou que a maioria dos protocolos de adaptação de bovinos utilizando o método de escadas utiliza três dietas com níveis crescentes de concentrados e, geralmente, por um período de sete dias de intervalo entre a dieta atual e a seguinte.

Brown *et al.* (2006), avaliando períodos de adaptação de bovinos, afirmaram que a mudança de uma dieta com menos concentrado para uma com maior nível de concentrado no período de adaptação depende principalmente do consumo dos animais do que um período fixo de dias. Estes autores afirmam que o consumo desejado varia entre diferentes categorias quando comparou bezerros com animais de sobreano.

Neste estudo, a dieta inicial foi composta com 55% de concentrado na dieta de adaptação inicial por sete dias, e que sequencialmente foi substituída por uma segunda com 65% de concentrado e uma terceira dieta com nível de concentrado de 75%. Após os animais receberem estas dietas de adaptação (21 dias), foi iniciado o experimento propriamente dito com as dietas definitivas. O concentrado fornecido nas dietas de adaptação continha em sua composição 10% de torta de crambe, de forma a adaptar os animais a este ingrediente.

A dieta definitiva foi constituída de 82% de concentrado e 18,2% de silagem de sorgo, na base da matéria seca, e os níveis de inclusão da torta de crambe foram 0 (controle), 5, 10, 15 e 20%. Os ingredientes do concentrado foram sorgo moído, casca de soja, caroço de algodão, resíduo da colheita de soja, torta de crambe e núcleo mineral

proteico. A composição química dos ingredientes da dieta é apresentada na Tabela 1 e a composição dos ingredientes de cada dieta experimental e sua composição química é apresentada na Tabela 2.

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes da dieta

| Item | MS ¹ | MO ² | PB ² | FDNcp ² | EE ² |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Silagem | 31,3 | 96,4 | 5,1 | 51,9 | 6,8 |
| Sorgo | 91,0 | 98,6 | 9,16 | 19,5 | 2,6 |
| Casca de soja | 88,8 | 95,9 | 9,81 | 60,7 | 0,7 |
| Caroço de algodão | 90,1 | 94,9 | 22,1 | 44,1 | 18,2 |
| Resíduo de soja | 92,3 | 59,2 | 22,3 | 30,4 | 5,9 |
| Núcleo | 98,9 | 11,0 | 32,8 | 0,0 | 0,0 |
| Torta de crambe | 92,5 | 94,4 | 24,2 | 25,3 | 19,1 |

¹ Porcentagem (%); e ² Porcentagem da matéria seca. MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; e EE = extrato etéreo.

Tabela 2 – Composição percentual e química das dietas experimentais

| Item | Nível de Inclusão de Torta de Crambe (% da MS da dieta) | | | | |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Sorgo moído | 50,54 | 51,70 | 50,83 | 45,67 | 47,74 |
| Casca de soja | 11,98 | 11,98 | 13,19 | 17,45 | 11,13 |
| Caroço de algodão | 9,87 | 3,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Resíduo de soja | 6,43 | 6,44 | 4,83 | 0,74 | 0,00 |
| Torta de crambe | 0,0 | 5,0 | 10,00 | 14,98 | 19,98 |
| Núcleo mineral | 2,98 | 2,98 | 2,97 | 2,96 | 2,97 |
| Silagem de sorgo | 18,2 | 18,2 | 18,2 | 18,2 | 18,2 |
| MS ¹ | 80,08 | 80,22 | 80,29 | 80,23 | 80,44 |
| PB ² | 11,31 | 11,27 | 11,34 | 11,58 | 12,19 |
| EE ² | 4,77 | 3,41 | 3,58 | 4,18 | 5,09 |
| FDNcp ² | 32,88 | 31,69 | 31,42 | 33,04 | 30,67 |
| CNFcp ² | 49,29 | 50,78 | 51,09 | 49,14 | 50,17 |

¹ Porcentagem (%); e ² Porcentagem da matéria seca. MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; e CNFcp = carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína.

A torta de crambe apresenta valores de PB entre 20-30% (HARTWIG *et al.*, 2005). Mizubuti *et al.* (2011) encontraram valor de 29,17% de PB na torta de crambe e Brás (2011) encontrou valor de PB de 24,67%, demonstrando que a torta de crambe é

uma excelente fonte proteica para os ruminantes. Canova (2012) encontrou valores de PB da torta de crambe de 29,6%, similar ao encontrado por Mizubuti *et al.* (2011). No presente estudo, a torta de crambe apresentou teor de PB de 24,2%, valor próximo ao encontrado por Brás (2011).

O fornecimento da dieta era de forma *ad libitum*, permitindo-se, entre 5 e 10% de sobras, sendo fracionada em duas porções diárias correspondentes a 60 e 40% do total às 8 e 16 horas, respectivamente. Antes do fornecimento, o volumoso e o concentrado eram pesados separadamente e no fornecimento eram misturados para que ficassem de forma mais homogênea possível no cocho. A dieta ofertada e as respectivas sobras foram quantificadas diariamente. Antes do fornecimento do trato pesavam-se as sobras do dia anterior para, se necessário, realizar os ajustes de fornecimento da dieta. Estes ajustes eram feitos mediante pesagem das sobras, em que quantidades inferiores a 5% de sobras no cocho induziam a aumento de 5% no fornecimento da dieta no dia seguinte, e sobras acima de 10%, a redução de 5% no fornecimento da dieta no dia seguinte.

O experimento foi delineado como um quadrado latino 5×5 , em que cada período experimental foi constituído por 15 dias, totalizando 75 dias experimentais, após a prévia adaptação dos animais à dieta com alto nível de concentrado. Do 1^o ao 10^o dia de cada período experimental era fornecida alimentação *ad libitum* aos animais para adaptá-los à nova dieta. Do 11^o ao 15^o dia de cada período experimental, foi quantificado e amostrado o ofertado e do 12^o ao 16^o dia (primeiro dia de adaptação do período seguinte) foram quantificadas e amostradas as sobras, de forma a se obter o consumo voluntário dos animais. Foram realizadas coletas de fezes diretamente do reto dos animais em diferentes horários; no 12^o (20 horas), 13^o (17 horas), 14^o (14 horas), 15^o (11 horas) e no 16^o dia (8 horas) para se estimar os coeficientes de digestibilidade da

matéria seca e dos nutrientes. As amostras de fezes foram pré-secas em estufa de ventilação forçada (60 °C/72 horas) e processadas em moinho de facas (1 mm). Posteriormente, elaboraram-se amostras compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

As amostras dos ingredientes da dieta, das sobras e das fezes foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE) e lignina (H₂SO₄ 72% p/p), segundo técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). Os teores de FDN foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002). As correções no tocante aos teores de cinzas e proteína contidos na FDN foram conduzidas conforme recomendações de Mertens (2002).

Para quantificação do consumo de CNF para os tratamentos envolvendo a suplementação com compostos nitrogenados utilizou-se a equação (HALL, 2000):

$$CCNF = CMO - [CEE + CFDNcp + (CPB - CPBur + Cur)]$$

em que CCNF, CMO, CEE, CFDNcp, CPB, CPBur e Cur equivalem aos consumos de CNF, de MO, de EE, de FDNcp, de PB, de PB proveniente da ureia, e de ureia, respectivamente (kg/dia).

As estimativas de excreção fecal foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno. Amostras da dieta, das sobras e das fezes foram processadas em moinho de facas (2 mm) e incubadas em duplicata (20 mg MS/cm²) em sacos de tecido não tecido (TNT – 100 g/m²) no rúmen de dois novilhos nelore à pasto, recebendo suplemento mineral por 244 horas. Após este período, o material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro (MERTENS, 2002), para quantificação dos teores de FDNi. Os valores de excreção fecal foram obtidos por intermédio da relação entre consumo e concentração fecal de FDNi.

O experimento foi analisado em delineamento em quadrado latino 5×5 , com cinco níveis de inclusão (0, 5, 10, 15 e 20%), com cinco animais e cinco períodos experimentais. As análises foram feitas usando o procedimento GLM e REGRESSÃO do MINITAB (RYAN; JOINER, 1994), a 5% de probabilidade, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + A_j + P_k + E_{ijk}$$

em que Y_{ijk} é a observação referente ao nível de inclusão i , animal j e período k ; μ , a média geral; N_i , o efeito do nível de inclusão i , $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 (efeitos linear, quadrático e cúbico); A_j , o efeito do animal j , $j = 1, 2, 3, 4$ e 5 ; P_k , o efeito do período k , $k = 1, 2, 3, 4$ e 5 ; e E_{ijk} , o erro aleatório associado a cada observação.

No experimento para avaliação do desempenho foram utilizadas as mesmas dietas, porém em baias coletivas com oito animais para cada tratamento. Foram selecionados 40 novilhos com peso corporal médio de 345 kg após jejum de 12 horas de água e sólidos, que foram aleatoriamente distribuídos entre os diferentes tratamentos com duração de 84 dias. O período experimental foi dividido em quatro períodos experimentais de 21 dias, onde era feita a pesagem dos animais de cada baia, para se ter um acompanhamento do ganho de peso corporal pelo qual cada baia tinha mediante os diferentes níveis de inclusão de torta de crambe na dieta. Os animais passaram pelo mesmo processo de adaptação descrito anteriormente pelo método gradual de inclusão de concentrado.

Foram coletadas amostras de ofertado e sobras a cada sete dias (7^o/8^o, 14^o/15^o, 21^o/22^o, ..., 84^o/85^o dia), sendo feitas amostras compostas de cada período de 21 dias. No 84^o dia às 20 horas os 40 novilhos foram isolados de água e sólidos por 12 horas, para que fosse realizada a pesagem final no dia seguinte pela manhã (8 horas).

O experimento de desempenho foi analisado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco níveis de inclusão (0, 5, 10, 15 e 20%) e oito animais por tratamento. As análises foram feitas usando o procedimento ANOVA e REGRESSÃO do MINITAB (RYAN; JOINER, 1994), a 5% de probabilidade, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + N_i + A_j + E_{ij}$$

em que Y_{ij} é a observação referente ao nível de inclusão i e animal j ; μ , a média geral; N_i , o efeito do nível de inclusão i , $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 (efeitos linear, quadrático e cúbico); A_j , o efeito do animal j , $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ e 8 ; e E_{ij} , o erro aleatório associado a cada observação.

A torta de crambe foi cedida e entregue no local do experimento pela Fundação MS, situada no município de Maracaju, MS. A extração do óleo da semente de crambe foi feita por uma prensa hidráulica e a torta resultante foi secada e armazenada para compor a dieta.

3. Resultados e discussão

Houve efeito linear decrescente de nível de inclusão de torta de crambe sobre o peso corporal e crescente sobre o consumo de extrato etéreo ($P \leq 0,05$) (Tabela 3). Houve efeito cúbico de nível de inclusão de torta de crambe sobre o consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (CFDNcp), em que o maior valor foi observado da dieta-controle e o menor na dieta contendo 20% de torta de crambe na matéria seca da dieta. Os consumos de MS, PB, ureia, PB de ureia e CNFcp não foram afetados pelos tratamentos ($P > 0,05$).

O aumento do consumo de EE com o aumento do nível de inclusão de torta de crambe foi devido ao elevado teor deste componente na torta (Tabela 1). O decréscimo do consumo de FDNcp com a inclusão de torta de crambe, especialmente no nível mais elevado de inclusão, pode estar relacionado com a palatabilidade da dieta. Embora não

Tabela 3 – Peso corporal e consumo de matéria seca e de nutrientes em função das dietas experimentais

| Item | Nível de Inclusão de Torta de Crambe | | | | | EP | Valor de P | | |
|----------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------------|------|-------------------|
| | (% da MS da dieta) | | | | | | L | Q | C |
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | | | | |
| PC (kg) | 403 | 393 | 400 | 397 | 399 | 2,2891 | 0,05 ¹ | 0,10 | 0,15 |
| CMS (kg/d) | 11,0 | 9,4 | 10,3 | 9,2 | 8,8 | 0,4387 | 0,12 | 0,23 | 0,24 |
| CMS (%PC) | 2,75 | 2,41 | 2,58 | 2,32 | 2,21 | 0,0998 | 0,16 | 0,29 | 0,28 |
| CMO (kg/d) | 10,2 | 8,7 | 9,6 | 8,6 | 8,3 | 0,4035 | 0,11 | 0,19 | 0,20 |
| CPB (kg/d) | 1,25 | 1,06 | 1,17 | 1,06 | 1,07 | 0,0498 | 0,12 | 0,24 | 0,29 |
| C ureia (kg/d) | 0,061 | 0,052 | 0,057 | 0,050 | 0,048 | 0,0024 | 0,12 | 0,23 | 0,24 |
| CPBureia(kg/d) | 0,158 | 0,135 | 0,147 | 0,131 | 0,126 | 0,0063 | 0,12 | 0,23 | 0,24 |
| CEE (kg/d) | 0,389 | 0,321 | 0,368 | 0,383 | 0,447 | 0,0154 | 0,03 ² | 0,07 | 0,20 |
| CFDNcp (kg/d) | 3,62 | 2,99 | 3,23 | 3,03 | 2,69 | 0,1320 | 0,01 | 0,03 | 0,03 ³ |
| CCNFcp (kg/d) | 5,02 | 4,42 | 4,89 | 4,24 | 4,16 | 0,2124 | 0,35 | 0,49 | 0,47 |

EP = erro-padrão; L = linear; Q = quadrático; C = cúbico; PC = peso corporal; CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CPB = consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; e CCNFcp = consumo de carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína.

¹ PC = 399 - 0,07 * % de torta de crambe.

² CEE = 0,346 + 0,00354 * % de torta de crambe.

³ CFDNcp = 3,6 - 0,19 * % de torta de crambe + 0,0207 * % de torta de crambe² - 0,000676 * % de torta de crambe³.

estatisticamente significativa, o consumo de matéria seca seguiu o mesmo comportamento. Canova (2012) observou que, com o aumento da inclusão da proteína da torta de crambe em substituição à proteína do farelo de soja na ração concentrada para cordeiros em terminação, causou diminuição linear significativa para o consumo total diário da MS, sem alterar o consumo total diário da MS em porcentagem do PC (% PC) e por unidade do tamanho metabólico (UTM).

Segundo van Soest (1994), em dietas com níveis de concentrado acima de 50%, a ingestão de MS é controlada pela demanda energética do animal. O alto teor de volumoso nas dietas, associado aos níveis elevados de EE e FDN presentes nos ingredientes concentrados e coprodutos utilizados (Tabela 1), pode ter afetado o consumo de MS. Sabe-se que estão envolvidos neste processo efeitos sobre a fermentação ruminal,

motilidade intestinal, aceitabilidade dos alimentos, liberação de hormônios intestinais e oxidação da gordura no fígado (ALLEN, 2000, citado por OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, EE, FDNcp e CNFcp, o NDT e a EM observados não foram afetados pelo nível de inclusão de torta de crambe na dieta ($P > 0,05$) (Tabela 4). Estes resultados estão de acordo com o consumo de matéria seca, que também não foi afetado pelos tratamentos.

Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade (CD) da matéria seca e dos nutrientes, em função das diferentes dietas experimentais

| Item | Nível de Inclusão de Torta de Crambe (% da MS da dieta) | | | | | EP | Valor de P | | |
|---------|---|------|------|------|------|--------|------------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | | L | Q | C |
| CDMS | 48,4 | 52,0 | 59,1 | 63,1 | 67,2 | 2,3311 | 0,62 | 0,68 | 0,64 |
| CDMO | 47,8 | 51,5 | 58,9 | 63,4 | 68,0 | 2,5620 | 0,65 | 0,70 | 0,68 |
| CDPB | 41,6 | 42,1 | 49,1 | 56,5 | 63,2 | 3,7800 | 0,75 | 0,47 | 0,56 |
| CDEE | 82,1 | 83,1 | 85,4 | 89,7 | 89,1 | 1,3793 | 0,55 | 0,19 | 0,17 |
| CDFDNcp | 44,2 | 49,1 | 55,3 | 60,2 | 65,1 | 2,2961 | 0,42 | 0,90 | 0,88 |
| CDCNFcp | 75,5 | 76,7 | 80,7 | 83,1 | 84,7 | 1,3840 | 0,98 | 0,43 | 0,41 |
| NDT | 63,0 | 65,6 | 71,1 | 75,7 | 80,4 | 1,8558 | 0,75 | 0,59 | 0,64 |
| EM | 2,28 | 2,37 | 2,57 | 2,74 | 2,91 | 0,0671 | 0,75 | 0,59 | 0,64 |

EP = erro-padrão; L = linear; Q = quadrático; C = cúbico; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; CNFcp = carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína; NDT = nutrientes digestíveis totais; e EM = energia metabolizável (mcal/kg de MS).

Os coeficientes de digestibilidade correlacionam-se negativamente com o consumo, uma vez que quanto maior o consumo de matéria seca, maior é a taxa de passagem da digesta pelo trato digestivo dos ruminantes e uma maior taxa de passagem gera um menor tempo de exposição do alimento ingerido à ação dos microrganismos ruminais, das enzimas, das soluções ácidas e, ou, alcalinas, proporcionando menor digestão e absorção de nutrientes (SILVA; LEÃO, 1979). No presente trabalho foi observada essa mesma tendência, ou seja, na medida em que houve acréscimo de torta de crambe na dieta dos novilhos, houve tendência de redução do CMS e aumento da digestibilidade da MS dos nutrientes da dieta.

Outro fator que pode ter contribuído para esses valores de redução no CMS é o fato de a torta de crambe ter glucosinolatos em sua composição. Segundo Bjerg *et al.* (1987) e Bell *et al.* (1993), os glucosinolatos por serem compostos de sabor amargo podem reduzir a palatabilidade da dieta e, conseqüentemente, promover efeito deletério no consumo.

Valores superiores foram relatados por Hartwig *et al.* (2005), que avaliaram crambe na forma de torta e farelo para ovinos e encontraram valores de digestibilidade da MO de 71 e 67%. Os mesmos autores, trabalhando com suínos, encontraram valores para a digestibilidade da MO de 54% e recomendaram até 5% de utilização torta de crambe na dieta para suínos. Os mesmos autores utilizaram 30% de torta ou farelo de crambe na alimentação de vacas leiteiras e obtiveram diminuição da ingestão do concentrado, diminuição do teor de gordura no leite e aumento do teor de ácido erúico na gordura do leite das vacas alimentadas somente com a torta de crambe. A concentração de iodo no leite foi diminuída em virtude do fator antinutricional glucosinolato. Os autores recomendaram que o fornecimento desse ingrediente não deve exceder 1 kg/dia para vacas em lactação.

Relatos feitos por Goes *et al.* (2010), que pesquisaram torta de soja e torta de crambe, em ovinos fistulados, para determinação dos parâmetros da degradabilidade *in situ*, evidenciaram valores da fração potencialmente degradável da MS da torta de crambe (53,99%) inferior à torta de soja (70,33%) e à degradabilidade efetiva de 8 horas para a torta de crambe (55,11%) também inferior à torta de soja (68,66%).

Não houve efeito de tratamentos ($P > 0,05$) para as variáveis de desempenho (Tabela 5). Entretanto, houve tendência para queda linear de ganho de peso ($P = 0,11$), com o aumento da inclusão de torta de crambe na dieta, associado à queda no consumo, observado tanto neste experimento (Tabela 5) quanto no anterior (Tabela 4). Neste

Tabela 5 – Desempenho dos animais em função das diferentes dietas experimentais

| Item | Nível de Inclusão de Torta de Crambe (% da MS da dieta) | | | | | EP | Valor de P | | |
|----------------------------------|---|------|------|------|------|------|------------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | | L | Q | C |
| PCi (kg) | 345 | 347 | 346 | 344 | 344 | 8,3 | 0,85 | 0,84 | 0,86 |
| PCf (kg) | 489 | 477 | 472 | 480 | 464 | 10,8 | 0,31 | 0,37 | 0,38 |
| GMD (kg/animal/dia) | 1,71 | 1,55 | 1,51 | 1,62 | 1,42 | 0,09 | 0,11 | 0,15 | 0,16 |
| CMS (kg/animal/dia) | 11,2 | 11,0 | 10,2 | 10,2 | 7,7 | - | - | - | - |
| Conversão alimentar ¹ | 6,5 | 7,1 | 6,7 | 6,3 | 5,4 | - | - | - | - |

PCi = peso corporal inicial; PCf = peso corporal final; GMD = ganho médio diário; e CMS = consumo de matéria seca.

¹ Conversão alimentar = kg de CMS/kg de ganho de peso.

experimento, o consumo diário por baía foi dividido por oito, obtendo valores de CMS de $11,2 \pm 1,2$, $11,0 \pm 1,2$, $10,2 \pm 0,8$, $10,2 \pm 1,0$ e $7,7 \pm 0,8$ kg/animal/dia (Tabela 5), respectivamente, para os níveis de 0, 5, 10, 15 e 20% de inclusão de torta de crambe na dieta.

Apesar de ter apresentado o melhor desempenho dentre todos os experimentos, o tratamento-controle também apresentou o maior CMS. Desta forma, o tratamento com 20% de inclusão da torta de crambe foi o que apresentou a melhor eficiência alimentar, embora tenha sido o tratamento ao qual foi encontrado o pior ganho de peso dos animais. Esta maior eficiência do tratamento com o maior nível de inclusão da torta de crambe em relação ao tratamento-controle está de acordo com as observações contidas na Tabela 4, onde são apresentados maiores valores de coeficientes de digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes com o maior nível de inclusão da torta de crambe.

Uma das vantagens da crambe é que é um alimento rico em ácidos graxos poli-insaturados, que são biohidrogenados pelas bactérias e pelos protozoários ruminais, proporcionando aumento na disponibilidade de energia (PETIT *et al.*, 1997). Outra vantagem é que a crambe possui teores significativos de compostos, como cisteína, metionina, lisina e treonina (CARLSON *et al.*, 1996).

4. Conclusões

A torta de crambe pode ser utilizada em até 20% de inclusão na matéria seca de dietas de bovinos de corte em confinamento, apesar de apresentar tendência à redução da ingestão de matéria seca, que é compensada por uma maior digestibilidade dos nutrientes e uma boa eficiência alimentar quando comparada ao tratamento-controle.

Agradecimentos

À Fundação MS, situada no município de Maracaju, MS, pelo financiamento do projeto e fornecimento da torta de crambe.

À Fazenda Ferradura e à Vale do Sonho Agropecuária, situadas no município de Pontal do Araguaia, MT, região do vale do Araguaia motogrossense, pela permissão da condução da pesquisa, cedendo os animais para realização do estudo.

Literatura citada

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

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C.; GODOI, A. R. *et al.* Utilização de coprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 260-268, 2008.

BELL, J. M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 73, n. 4, p. 679-697, 1993.

BJERG, B.; EGGUM, B. O.; LARSEN, L. M. *et al.* Acceptable concentration of glucosinolates in double low oilseed rape and possibilities of further quality improvements by processing and plant breeding. In: Proc. 7th Int. Rapeseed Congress, Poznan, Poland, 1987. p. 1619-1626.

BROWN, M. S.; PONCE, C. H.; PULIKANTI, R. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: performance and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science*, v. 84 (E. Suppl.), p. E25-E33, 2006.

CANOVA, E. B. *Torta de crambe (Crambe Abyssinica Hochst) na alimentação de cordeiros*. 2012. 64 f Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Zootecnia/Nova Odessa, SP, 2012.

CARLSON, K. D.; GARDNER, J. C.; ANDERSON, V. L.; HANZEL, J. J. Crambe: new crop success. In: JANICK, J. (Ed.). *Progress in new crops*. Alexandria. ASHS Press, 1996. p. 306-322.

GOES, R. H. T. B.; SOUZA, K. A.; PATUSSI, R. A. *et al.* Degradabilidade in situ dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 32, p. 271-277, 2010.

HALL, M. B. *Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and analysis*. Gainesville: University of Florida, 2000. 76 p.

HARTWIG, B.; KAMPF, D.; LEBZIEN, P. 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*, v. 59, n. 2, p. 111-122, 2005.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B *et al.* A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S. *et al.* Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 2021-2028, 2011.

OLIVEIRA, R. L.; BAGALDO, A. R.; LADEIRA, M. M. *et al.* Fontes de lipídeos na dieta de búfalas lactantes: consumo, digestibilidade e N-uréico plasmático. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 3, p. 553-559, 2009.

PETIT, H. V.; RIOUX, R.; D'OLIVEIRA, P. S. *et al.* Performance of growing lambs fed grass silage with raw or extruded soybean or canola seeds. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 77, n. 1, p. 455-463, 1997.

RYAN, B. F.; JOINER, B. L. *Minitab handbook*. 3. ed. Belmont, CA, EUA: Duxbury Press, 1994. 354 p.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba, SP: Ed. Livroceres, 1979. 384 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 233 p.

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

Cinética de partículas fibrosas em bovinos nelore confinados recebendo dietas contendo torta e farelo de crambe (*Crambe abyssinica*)

Resumo: Foram utilizados oito bezerros nelores desmamados, fistulados no rúmen, com peso corporal médio inicial de $177 \pm 5,1$ kg, mantidos em baias individuais e com acesso irrestrito a água e a mistura mineral. Os animais foram distribuídos em dois quadrados latinos 4×4 , sendo testada a torta de crambe no quadrado latino 1 e o farelo de crambe no quadrado latino 2, incluídos nas proporções de 0, 5, 10 e 15% na base da matéria seca, em dietas contendo 73% de feno de tifton 85 e 27% de concentrado à base de fubá de milho, farelo de soja e torta ou farelo de crambe. O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, com 18 dias cada, sendo que do 11^o ao 18^o dia dos períodos experimentais realizou-se procedimento para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de partículas fibrosas, que se baseou no fornecimento de indicador externo, em procedimento de dose única. Para cada animal, foram fornecidos 100 g de fibra mordente, via fístula ruminal, às 8 horas do 11^o dia, sendo as amostras fecais obtidas diretamente do reto dos animais em 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72, 84, 96 e 120 horas após o fornecimento do indicador para análises da matéria seca e cromo. Os perfis de concentração dos indicadores foram analisados cineticamente utilizando o modelo descrito na literatura como GNG1, considerando a ordem de dependência do tempo. As dietas contendo torta de crambe apresentaram menor tempo de retenção no rúmen-retículo e, por consequência, menor tempo total de retenção no TGI em relação às mesmas dietas com farelo de crambe. As dietas contendo 10% de torta ou farelo de crambe apresentaram menor tempo de retenção no rúmen-retículo e no TGI em relação aos demais níveis de inclusão (0, 5 e 15%).

1. Introdução

A pecuária bovina brasileira é baseada na utilização de fontes volumosas como fonte de alimento basal. Cerca de 90% do rebanho bovino são criados em sistema a pasto e a minoria restante em sistema de confinamento, com grande utilização de concentrado como parte da dieta. Mesmo sendo criados em sistema de confinamento com grande utilização de concentrado na dieta, a fonte volumosa se faz presente e de forma importante para manter os padrões mínimos de bom funcionamento do rúmen, dando condições aos microrganismos ruminais de desempenharem suas funções de fermentação dos substratos oriundos da dieta.

Vários fatores podem interferir no processo de digestão-fermentação das diferentes frações existentes na dieta. A fração fibrosa, oriunda de alimentos volumosos, é a de menor taxa de digestão e de passagem, porém está diretamente relacionada à saúde ruminal, sendo os processos físicos e fisiológicos ligados à digestão da fibra, como a manutenção do pH, importantes para um bom funcionamento do rúmen.

A taxa de passagem ou de trânsito refere-se ao fluxo de resíduos digestíveis e indigestíveis através do trato digestivo, que atua de forma simultânea e competitiva com a digestão. O fluxo ruminal inclui, além da fração fibrosa indigestível, outras frações não degradadas do alimento e das bactérias, sendo que a composição e o volume da dieta são variáveis externas que influenciam a digestão, a taxa de digestão e a reciclagem do conteúdo ruminal (OLIVEIRA, 2010).

A quantificação da massa ou o conteúdo ruminal é extremamente importante para os estudos relacionados à digestão e à cinética. Diversos métodos podem ser utilizados para quantificar o conteúdo ruminal: determinação direta (abatendo o animal ou esvaziando o órgão ou esvaziamento ruminal) ou indireta, em que são utilizadas substâncias de referência denominadas marcadores.

O princípio que rege a utilização dos indicadores baseia-se no fato de que, à medida que o alimento transita pelo trato gastrintestinal, a concentração do indicador aumenta progressivamente, pela remoção de constituintes do alimento por digestão e absorção (OWENS; HANSON, 1992). As soluções de terras raras, assim como as de cromo complexado, reagem com substâncias que possuem grupos carboxílicos livres, oxalatos, fosfatos, parede celular microbiana e saliva; portanto, não devem ser administradas diretamente no rúmen, mas, previamente, complexadas às partículas do alimento (van SOEST *et al.*, 1991).

Várias técnicas estão disponíveis para estimar a taxa de passagem (kp) ou o tempo médio de retenção (1/kp) das partículas pelo trato gastrintestinal dos ruminantes. A estimativa da taxa de passagem tem sido realizada por meio da infusão de dose única do indicador diretamente no rúmen de animais canulados, com posterior amostragem das fezes, em intervalos de tempo conhecidos, nas quais são analisadas as concentrações do elemento químico utilizado. Um modelo matemático é ajustado à curva de excreção do indicador e para determinar os coeficientes relacionados à passagem das partículas (VIEIRA, 2008). Portanto, a dinâmica ruminal ocorre constantemente, de forma simultânea e competitiva, para a remoção da digesta presente no rúmen, em consequência da disponibilidade de nutrientes para o animal, independentemente da qualidade e quantidade de alimento presente no compartimento. Assim, a interação desses fatores é fundamental para estabelecer modelos representativos dos eventos biológicos que ocorrem no rúmen-retículo (VIEIRA, 2008).

O objetivo deste estudo foi o de avaliar a cinética de partículas fibrosas de bovinos nelore, confinados e alimentados com dietas contendo níveis crescentes de torta ou farelo de crambe no concentrado.

2. Material e métodos

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Animais e do Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, entre setembro e dezembro de 2009.

Foram utilizados oito bezerros nelores desmamados, com oito meses de idade e peso corporal médio inicial de 177 kg, fistulados no rúmen, mantidos em baias individuais cobertas, com piso de concreto, dispostas de comedouro e com acesso irrestrito a água e a mistura mineral.

A alimentação volumosa basal dos animais foi constituída por feno de tifton 85 (*Cynodon spp*), classificado como feno tipo B, em relação às características nutricionais, sendo, assim, um feno de qualidade média, com nível médio de proteína bruta (PB) de 9,1%, com base na matéria seca (MS), que foi fornecido como parte da dieta, compondo 73% da dieta total na base da MS.

Os oito bezerros foram divididos em dois grupos de quatro animais, sendo um grupo testando a torta de crambe e o segundo grupo testando o farelo de crambe como ingrediente da dieta, em delineamento em quadrado latino 4×4 . Para ambos os grupos (torta e farelo), os níveis de inclusão do ingrediente testados foram os mesmos (0, 5, 10 e 15%). A dieta fornecida continha 73% de feno e 27% de concentrado. O concentrado usado possuía em sua composição fubá de milho, farelo de soja e torta ou farelo de crambe (exceto no tratamento-controle: 0%).

A composição das dietas dos diferentes tratamentos é mostrada nas Tabelas 1 e 2, para torta de crambe e farelo de crambe, respectivamente.

A torta e o farelo de crambe foram cedidos pela Fundação MS, situada no município de Maracaju, MS. A extração do óleo da semente de crambe foi feita com a utilização de prensa hidráulica e a torta resultante foi secada e armazenada para compor

a dieta. O farelo, além da prensagem, sofreu tratamento com solventes para se retirar mais óleo que não foi extraído com a prensagem mecânica.

Tabela 1 – Composição porcentual e química das dietas com torta de crambe

| Item | Tratamento (Nível de torta de crambe) | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| | Controle | 5 | 10 | 15 |
| Feno de tifton 85 ¹ | 74,2 | 73,9 | 73,7 | 73,5 |
| Fubá de milho ¹ | 16,0 | 13,6 | 11,3 | 8,8 |
| Farelo de soja ¹ | 9,8 | 7,4 | 5,0 | 2,7 |
| Torta de crambe ¹ | - | 5,10 | 10,1 | 15,0 |
| MS ¹ | 89,85 | 89,81 | 89,75 | 89,74 |
| PB ² | 12,91 | 12,92 | 12,94 | 12,94 |
| EE ² | 2,56 | 3,41 | 4,26 | 5,11 |
| FDNcp ² | 56,67 | 57,46 | 58,25 | 58,87 |
| CNF ² | 23,04 | 21,52 | 19,96 | 18,52 |

¹ Porcentagem (%); e ² Porcentagem da matéria seca.

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; e CNFcp = carboidrato não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína.

Tabela 2 – Composição porcentual e química das dietas com farelo de crambe

| Item | Tratamento (Nível de farelo de crambe) | | | |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|
| | Controle | 5 | 10 | 15 |
| Feno de tifton 85 ¹ | 74,2 | 73,9 | 73,8 | 74,3 |
| Fubá de milho ¹ | 16,0 | 14,4 | 12,6 | 10,7 |
| Farelo de soja ¹ | 9,80 | 6,60 | 3,50 | 0,20 |
| Farelo de crambe ¹ | - | 5,10 | 10,1 | 15,0 |
| MS ¹ | 89,85 | 89,80 | 89,78 | 89,74 |
| PB ² | 12,91 | 12,97 | 13,07 | 13,04 |
| EE ² | 2,56 | 2,51 | 2,46 | 2,41 |
| FDNcp ² | 56,67 | 57,88 | 59,03 | 60,28 |
| CNFcp ² | 24,64 | 21,93 | 20,84 | 19,68 |

¹ Porcentagem (%); e ² Porcentagem da matéria seca.

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; e CNFcp = carboidrato não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína.

O fornecimento da dieta era de forma *ad libitum*, sendo fracionada em duas porções diárias correspondentes a 60 e 40% do total, às 8 e 16 horas, respectivamente. Antes do fornecimento, o volumoso e o concentrado eram pesados separadamente e no fornecimento eram misturados para que ficassem de forma mais homogênea possível no cocho. O ofertado e as respectivas sobras foram quantificados diariamente. Antes do fornecimento do trato pesavam-se as sobras do dia anterior para se necessário realizar os ajustes de fornecimento da dieta. Estes ajustes eram feitos mediante pesagem das sobras, onde em quantidades inferiores a 5% de sobras no cocho aumentavam-se 5% no fornecimento da dieta no dia seguinte, e sobras acima de 10% reduziavam-se o fornecimento da dieta em 5% no dia seguinte.

O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, com 18 dias cada, sendo os cinco primeiros dias destinados à adaptação dos animais ao tratamento. Para efeito de quantificação do consumo voluntário foram considerados os alimentos fornecidos entre o sexto e o 10^o dia de cada período experimental, sendo as sobras computadas entre o sétimo e o 11^o dia. As amostras do fornecido e das sobras foram processadas em moinho de facas (1 mm), acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posterior análise.

Do 11^o ao 18^o dia dos períodos experimentais realizou-se procedimento para avaliação da cinética de trânsito gastrintestinal de partículas fibrosas, que se baseou no fornecimento de indicador externo, em procedimento de dose única (ELLIS *et al.*, 1994).

O material foi marcado com a fervura em um recipiente, por uma hora em solução de detergente neutro, na proporção de 100 g de amostra seca para 100 mL de detergente/litro de água, conforme descrito por Udén *et al.* (1980). Após esse procedimento, o material foi filtrado em saco de tecido de algodão e lavado com água corrente de torneira até o clareamento da água para a remoção dos componentes

solúveis, sendo, em seguida, colocado na estufa a 60 ± 5 °C, durante 72 horas. Em seguida, foi preparada uma solução de Dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$), na proporção de 13% de cromo em relação ao peso da fibra a ser marcada. Essa solução foi colocada em um recipiente de vidro, com posterior imersão da fibra. O recipiente foi coberto com papel alumínio e mantido em estufa a 105 °C por 24 horas. A partir desse procedimento, o material foi acondicionado em saco de tecido de algodão e submetido à lavagem em água corrente, para remover o excesso de dicromato de potássio. Em seguida, o material foi imerso em solução de ácido ascórbico comercial, permanecendo em repouso por uma hora até exibir a cor verde intensa. Logo após, o material foi novamente acondicionado em saco de tecido de algodão e lavado repetidas vezes até o completo clareamento da água e, então, seco em estufa de ventilação forçada a 60 ± 5 °C por 72 horas.

A base fibrosa para produção do indicador foi retirada de amostras do volumoso fornecido. Foram fornecidos, para cada animal, 100 g de fibra mordente via fístula ruminal, às 8 horas do 11^o dia, sendo as amostras fecais obtidas diretamente do reto dos animais em 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72, 84, 96 e 120 horas após o fornecimento do indicador. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 60 °C por 72 horas e processadas em moinho de facas (1 mm).

As amostras de fezes relativas aos procedimentos para quantificação de parâmetros da cinética de trânsito foram analisadas quanto aos teores de MS (SILVA; QUEIROZ, 2002) e cromo (WILLIAMS *et al.*, 1962).

Os perfis de concentração dos indicadores foram analisados cineticamente com a utilização do modelo descrito na literatura como GNG1, considerando a ordem de dependência do tempo (N) segundo o seguinte modelo matemático (MATIS, 1972; Matis *et al.*, 1989a; Vieira *et al.*, 2008):

$$C(t) = \varepsilon, \quad 0 \leq t < \tau$$

$$C(t) = C(0)k_e \left\{ \delta^N \exp[-k_e(t - \tau)] - \exp[-\lambda_r(t - \tau)] \times \sum_{i=1}^N \delta^i \left[\lambda_r(t - \tau)^{N-i} / (N-i)! \right] \right\} + \varepsilon,$$

$$T \geq \tau$$

em que $\delta = \lambda_r / (\lambda_r - k_e)$ de forma a simplificar a expressão; $C(t)$ é igual a concentração do indicador nas fezes no tempo t ; $C(0)$ representa a concentração do indicador no compartimento *raft*; λ_r representa taxa de transferência das partículas do compartimento *raft* para o *pool* de partículas escapáveis com distribuição gama, assumido como $\Gamma(N, \lambda_r, t)$, em que λ_r e $t \in \mathfrak{R}^+$ e $N \in \mathbb{Z}^+$; k_e representa a taxa de escape das partículas do *pool* escapável para o restante do trato gastrointestinal com distribuição exponencial e assumido como $E(k_e, t)$, em que k_e e $t \in \mathfrak{R}^+$; τ representa o tempo de trânsito do indicador entre sua saída do orifício retículo-omasal e o aparecimento nas fezes; N representa a ordem de dependência do tempo, ferramenta utilizada na teoria da dinâmica de sistemas para descrever situações onde exista um *delay* (atraso) nas respostas, sendo $0 < N \leq 6$ (MATIS, 1972; POND *et al.*, 1988, MATIS *et al.*, 1989b; VIEIRA *et al.*, 2008).

O ajuste do modelo aos dados foi realizado utilizando o algoritmo de Marquardt através do procedimento NLIN do SAS (9.0). Foram realizados ajustes do modelo a cada perfil para $0 < N \leq 6$, os critérios adotados para escolha do modelo que melhor se adequa aos dados foram: 1) não violação de pressupostos do modelo; estimativa de λ_r não tender a k_e e simplicidades do modelo com base na razão de máxima verossimilhança (Vieira *et al.*, 2012).

O tempo médio de retenção foi então calculado como $TMR = N/\lambda_r + 1/k_e$; a taxa de passagem é calculada como a recíproca do TMR; e o tempo total de retenção é obtido como $TTR = TMR + \tau$.

O experimento foi analisado em delineamento em quadrado latino 4×4 duplicado (um para torta de crambe e outro para farelo de crambe), com quatro níveis de inclusão (0, 5, 10 e 15%), quatro animais por quadrado latino e quatro períodos experimentais. As análises foram feitas utilizando o procedimento GLM do MINITAB (RYAN; JOINER, 1994), a 5% de probabilidade, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + N_j + Q_i * N_j + A_k Q_i + P_l Q_i + E_{ijkl}$$

em que Y_{ijkl} é a observação referente ao quadrado latino i , nível de inclusão j , animal k dentro de quadrado latino i e período l dentro de quadrado latino i ; μ a média geral; Q_i o efeito do quadrado latino i , $i = 1$ e 2 (torta *versus* farelo); N_j o efeito do nível de inclusão j , $j = 1, 2, 3$ e 4 (efeitos linear, quadrático e cúbico); $Q_i * N_j$ a interação entre o quadrado latino i e o nível de inclusão j ; $A_k Q_i$ o efeito do animal k dentro do quadrado latino i , $k = 1, 2, 3$ e 4 ; $P_l Q_i$ o efeito do período l dentro do quadrado latino i , $l = 1, 2, 3$ e 4 ; e E_{ijkl} o erro aleatório associado a cada observação.

3. Resultados e discussão

A oferta de alimentos que proporciona maior taxa de passagem influenciará diretamente a degradação desses alimentos pelo menor tempo de exposição aos microrganismos que, a partir deles, produzem nutrientes que serão utilizados pelos animais. Por outro lado, maior tempo de retenção dos alimentos no rúmen implicará em maiores degradabilidade e fermentação por estarem mais tempo expostas a microbiota ruminal (AFRC, 1992).

Ellis e Matis (2001) propuseram uma modelagem alternativa com base na hipótese de retenção da fibra de Robert E. Hungate. Essa modelagem foi fundamentada nos perfis de passagem de material fibroso não digerido. Esses perfis são produzidos

por dois compartimentos de retenção dentro do rúmen-retículo e, após, obedecem a um fluxo laminar ao longo do restante do trato gastrintestinal até o primeiro aparecimento desse material nas fezes. Essa interpretação cinética alternativa parece produzir predições mais verossímeis sobre a dinâmica da fibra no rúmen. Por esse motivo, neste trabalho adotou-se o paradigma para estimar e explicar as taxas que descrevem a dinâmica da fibra no rúmen-retículo.

Mertens e Ely (1982) descreveram que a taxa de passagem dos alimentos no trato digestivo é influenciada pelos níveis de consumo e pela forma física da dieta. Os principais fatores determinantes da taxa de passagem são o tamanho e a gravidade específica das partículas. Ellis *et al.* (1992), Hristov *et al.* (2003) e Oshita *et al.* (2004) definem o tempo no qual as partículas do alimento permanecem no rúmen-retículo, bem como a distribuição nos diferentes locais desses compartimentos.

Se a taxa de passagem é um fator limitante no desaparecimento de material no rúmen, o entrelaçamento de partículas que constituem a malha filtrante do rúmen ou *raft* pode também assumir papel importante nesse processo (ULYATT *et al.*, 1986). Segundo Sutherland (1988), citado por Thiago e Gill (1990), essa malha filtrante funcionaria como uma peneira que seleciona partículas em movimento no rúmen, e sua formação depende da relação tamanho:densidade das partículas que constituem a digesta e, conseqüentemente, do tempo após a alimentação e do tipo de forragem ingerida. Além disso, a presença do *raft* é também uma necessidade para manutenção das funções normais do rúmen, por meio da estimulação tátil de seu epitélio.

A taxa ao qual as partículas se deslocam do *raft* para a parte ventral do rúmen ao qual se tornam passíveis de escape pelo orifício retículo-omasal (kr) não diferiu entre as diferentes fontes de crumbe e os diferentes níveis de inclusão ($P > 0,05$) e apresentou média e desvio-padrão de $0,197 \pm 0,084\%$. Este mesmo comportamento foi observado

para a taxa aos quais as partículas escaparam do orifício retículo-omasal para o TGI (*ke*) que foi de $0,037\% \pm 0,011$.

O tempo em que as partículas fibrosas percorreram o TGI até o aparecimento nas fezes também foi estatisticamente igual ($4,04 \pm 1,56$ horas) para ambas as fontes e para os diferentes níveis de inclusão de torta e farelo de crambe.

A taxa de passagem das partículas pelo rúmen é uma variável de grande importância, pois determina o fluxo da digesta pelo trato digestório. No caso de forrageiras tropicais, os valores são considerados baixos, principalmente, em razão do alto teor de fibra (SOARES, 2002).

A baixa taxa de passagem de partículas fibrosas pode reduzir a eficiência da fermentação, aumentar os gastos com manutenção das bactérias e a reciclagem microbiana no rúmen, o que disponibiliza menor quantidade de nitrogênio e energia para o crescimento microbiano (WALDO, 1986).

O tempo médio de retenção no rúmen-retículo (TMR), que representa o tempo ao qual o alimento permanece no rúmen após a ingestão até o escape pelo orifício retículo-omasal, foi significativamente superior ($P \leq 0,05$) para as dietas com farelo de crambe do que com torta de crambe (Tabela 3). Da mesma forma, o tempo total de retenção (TTR) da fração fibrosa do rúmen até o aparecimento nas fezes foi superior ($P \leq 0,05$) para as dietas com farelo de crambe em relação às dietas com torta de crambe.

Oliveira (2010) avaliando a cinética de trânsito de partículas fibrosas com silagem de milho consorciada com capim braquiária em bovinos observou tempo médio de retenção no rúmen-retículo (TMR-RR) e o tempo total de retenção (TTR) de 41,24 e 49,64 horas, respectivamente, sendo estes valores próximos aos encontrados por Martins *et al.* (2006) (30,16 e 39,27 horas), avaliando a mesma fonte de fibra. Em ambos os trabalhos foram encontrados valores inferiores aos deste trabalho tanto para as

Tabela 3 – Tempo médio de retenção (TMR), taxa de passagem (Kp) e tempo total de retenção (TTR) de partículas fibrosas das dietas experimentais

| | Fonte ¹ | | Nível de Inclusão (% MS da dieta) | | | | EP | Valor de P ² | | | | ER ³ |
|------------------|--------------------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------------------------|------|------|------|-----------------|
| | T | F | 0 | 5 | 10 | 15 | | Fonte | L | Q | C | |
| TMR ⁴ | 49,9 | 56,5 | 53,1 | 53,3 | 46,5 | 58,9 | 3,081 | 0,02 | 0,16 | 0,04 | 0,02 | * |
| Kp ⁵ | 0,020 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,022 | 0,017 | 0,00138 | 0,02 | 0,18 | 0,04 | 0,02 | ** |
| TTR ⁶ | 53,5 | 61,0 | 56,4 | 57,3 | 50,7 | 63,6 | 3,053 | 0,01 | 0,12 | 0,04 | 0,02 | *** |

¹T = torta de crambe; e F = farelo de crambe; ²L = linear, Q = quadrático e C = cúbico; ³ER = equação de regressão; ⁴TMR = tempo de retenção ruminal (horas); ⁵Kp = taxa de passagem (%/hora); ⁶TTR = tempo total de retenção (horas); Trat = tratamento (0, 5, 10 e 15% de inclusão); *TMR = 53,1 + 2,46Trat - 0,66Trat² + 0,0348Trat³ r²=30,1%; **Kp = 0,019 - 0,000848Trat + 0,000241Trat² - 0,000013Trat³ r²=30,6%; e ***TTR = 56,4 + 2,72Trat - 0,689Trat² + 0,036Trat³ r²=30,4%.

dietas com torta quanto farelo de crambe (49,9 e 53,5 horas; 56,5 e 61 horas). Porém, quando comparado aos dados de Oliveira (2010) usando capim-braquiária o TMR e o TTR, foram valores bem próximos (48,2 e 54,7 horas) aos observados neste estudo, principalmente nas dietas com torta de crambe (49,9 e 53,5 horas).

Em estudo feito por Mizubuti *et al.* (2011) foi relatado que a torta de crambe e a torta de soja são coprodutos com um bom perfil de cinética de fermentação ruminal, sendo potenciais fornecedores de energia para a dieta de ruminantes. Os mesmos autores relataram que mesmo a torta de crambe possuindo valores de PB abaixo do encontrado para o farelo de soja, a proteína de ambos é prontamente disponível para os microrganismos ruminais e para digestibilidade intestinal na alimentação de ruminantes. Estes mesmos autores compararam a torta de crambe às tortas de girassol e de soja como sendo os alimentos com menor percentual de proteína insolúvel em detergente ácido em sua composição química quando comparados à outros alimentos proteicos. Segundo Sniffen *et al.* (1992), essa característica pode indicar maior disponibilidade de proteína para os microrganismos ruminais e para digestibilidade intestinal da proteína.

A taxa de passagem (*kp*), por ilustrar a velocidade ao qual ocorre o escape de partículas do compartimento rúmen-retículo para o trato gastrointestinal, foi significativamente superior ($P \leq 0,05$) nas dietas experimentais com torta de crambe

(0,020%/hora), em relação às dietas com farelo de crambe (0,018%/hora), proporcionando os menores TMR e TTR.

Mizubuti *et al.* (2011) analisaram a degradação ruminal *in vitro* do CNF da torta de crambe e do farelo de crambe e observaram que a torta de crambe teve maior degradação (0,1350%/h⁻¹) comparada ao farelo de crambe (0,0935%/h⁻¹), que resultou em maior volume final de gases.

Os carboidratos fibrosos compreendem as fibras disponíveis e indisponíveis, representados pela celulose e hemicelulose, sendo parcialmente disponíveis no rúmen (MERTENS, 1997). Mizubuti *et al.* (2011) observaram maior taxa de degradação de carboidratos fibrosos na torta de crambe ($P \leq 0,05$) em relação aos outros coprodutos proteicos de sementes oleaginosas. Estes mesmos autores concluíram que esse fato se deve à menor concentração de lignina, facilitando o acesso dos microrganismos aos carboidratos fibrosos.

Essa maior taxa de degradação sugere que a torta de crambe causa menor efeito de repleção ruminal, quando comparada aos outros alimentos estudados. O contrário foi observado para a torta de girassol que apresentou baixa taxa de degradação, podendo provocar um grande efeito de repleção ruminal, limitando o consumo de matéria seca e prejudicando a produção animal que exigem uma grande demanda nutricional.

Houve efeito cúbico de nível de inclusão de farelo ou torta de crambe sobre o TMR, Kp e TTR, com queda brusca do TMR e TTR no nível de 10% de inclusão e aumento acentuado no nível de 15% de inclusão, associado aos efeitos antagônicos da Kp. Era de se esperar aumento no TMR e TTR e redução da Kp com aumento do nível de inclusão de farelo ou torta de crambe, uma vez que o crambe possui glucosinolatos em sua composição que reduzem a palatabilidade e o consumo voluntário (CARLSON; TOOKEY, 1983; FENWICK *et al.*, 1983).

A qualidade biológica da torta e do farelo de crambe é afetada pela presença de glucosinolato (epi-progoitrina). Existem tipos diferentes de glucosinolato com distintos derivados, sendo eles os isotiocianatos, tiocianatos e nitrilas, considerados tóxicos, potencialmente causadores de danos hepáticos e em outros órgãos e, também, redução da palatabilidade, diminuição do crescimento, diminuição da produção e perda de peso. Essas substâncias também afetam a disponibilidade de iodo, causam mudanças fisiológicas e morfológicas da tireóide, principalmente em animais não ruminantes (TRIPATHI; MISHRA, 2007). O glucosinolato é uma classe de compostos orgânicos que contêm enxofre e são derivados de glicose e um aminoácido (van ETTEN; GAGNE, 1969; MURAKAMI *et al.*, 1995). O uso de dietas que contêm glucosinolato pode ser feito por períodos curtos, sendo que a utilização por períodos maiores exige a destoxificação. Wallig *et al.* (2002) relataram que a torta de crambe pode conter quantidade significativas de glucosinolato. Em dietas para ruminantes essa substância é facilmente degradada pelos microrganismos ruminais, tendo o glucosinolato pouco efeito sobre os ruminantes. Porém, a ingestão de glucosinolato por muito tempo pode elevar os níveis plasmáticos de tiocianatos e a redução da tirosina plasmática (TRIPATHI *et al.*, 2001).

O composto glucosinolato predominante no crambe é o epi-progoitrin (2-hydroxy-3-butenyl), também conhecido como goitrogênico e que afeta os níveis de hormônios da tireoide em ratos (van ETTEN *et al.*, 1969). Em novilhos castrados, Anderson *et al.* (1993) e Caton *et al.* (1994) sugeriram que os coprodutos do crambe podem ser utilizados acima de 4,2% sem nenhum dano aos animais, valor acima do permitido pelas regulações do Departamento federal de agricultura dos Estados Unidos (CRF, 1992).

4. Conclusões

Dietas para bovinos de corte contendo torta de crambe apresentam menor tempo de retenção no rúmen-retículo e, por consequência, menor tempo total de retenção no TGI em relação às mesmas dietas com farelo de crambe.

Dietas contendo 10% de torta ou farelo de crambe apresentam menor tempo de retenção no rúmen-retículo e no TGI em relação aos demais níveis de inclusão (0, 5 e 15%).

Literatura Citada

ANDERSON, V. L.; SLANGER, W. D.; BOYLES, S. L. *et al.* Crambe meal is equivalent to soybean meal for backgrounding and finishing beef steers. *Journal of Animal Science*, v. 71, p. 2608–2613, 1993.

CARLSON, K. D.; TOOKEY, H. L. Crambe meal as a protein source for feeds. *Journal of American Oil Chemistry Society*, v. 60, p. 1979-1985, 1983.

CATON, J. S.; BURKE, V. I.; ANDERSON, V. L. *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*, v. 72, p. 3238-3245, 1994.

CFR. *Code of federal regulations*. Title 21, Part 573.310. US Washington, DC: Government Printing Office, 1992.

ELLIS, W. C.; MAHLOOJI, M.; LASCANO, C. E. *et al.* Effects of size in ingestively grasses in reduced irradiance. *Crop Science*, v. 32, p. 1033-1038, 1992.

ELLIS, W. C.; MATIS, J. H.; HILL, T. M. *et al.* Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.) *Forage quality, evaluation, and utilization*. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1994. p. 682-756.

FENWICK, G. R.; HEANEY, R. K.; MULLIN, W. J. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *CRC Crit. Rev. Food Science Nutrition*, v. 18, p. 123-201, 1983.

HRISTOV, A. N.; AHVENJRVI, S.; McALLISTER, T. A. *et al.* Composition and digestive tract retention time of ruminal particle with functional specific gravity greater or less than 1.02. *Journal of Animal Science*, v. 81, p. 2639-2648, 2003.

- MARTINS, A. S.; VIEIRA, P. F.; BERCHIELLI, T. T. *et al.* Taxa de passagem e parâmetros ruminais em bovinos suplementados com enzimas fibrolíticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 3, p. 1186-1193, 2006.
- MATIS, J. H. Gamma time-dependency in Blaxter's compartmental model. *Biometrics*, v. 28, n. 2, p. 597-602, 1972.
- MATIS, J. H.; WEHRLY, T. E.; ELLIS, W. C. Some generalized stochastic compartment models for digesta flow. *Biometrics*, v. 45, n. 3, p. 703-720, 1989a.
- MATIS, J. H.; WEHRLY, T. E.; ELLIS, W. C. Some generalized stochastic compartment models for digesta flow. *Biometrics*, v. 45, n. 3, p. 703-720, 1989b.
- MERTENS, D. R.; ELY, L. O. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization – a dynamic model evaluation. *Journal of Animal Science*, v. 54, p. 895-905, 1982.
- MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S. *et al.* Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, supl. 1, p. 2021-2028, 2011.
- MURAKAMI, A. E.; KIRA, K. C.; SCAPINELLO, C. *et al.* Farelo de canola na alimentação de poedeiras comerciais. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 24, n. 3, p. 401-408, 1995.
- OLIVEIRA, T. S. Estimativas de parâmetros cinéticos de degradabilidade e passagem de materiais originados da consorciação entre capim-braquiária e culturas de milho e soja. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. *Anais... Viçosa: MG*, v. 25, p. 331-340, 2010.
- OSHITA, T.; NONAKA, K.; KUME, S. *et al.* Effects of forage type on particle size distribution of ruminal digesta and faeces of non-lactating cows fed high quality forage. *Livestock Production Science*, v. 91, p. 107-115, 2004.
- OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of Dairy Science*, v. 75, p. 2605-2617, 1992.
- POND, K. R.; ELLIS, W. C.; MATIS, J. H. *et al.* Compartment models for estimating attributes of digesta flow in cattle. *British Journal of Nutrition*, v. 60, p. 571-595, 1988.
- RYAN, B. F.; JOINER, B. L. *Minitab handbook*. 3. ed. Belmont, CA, EUA: Duxbury Press, 1994.
- SANT'ANA, F. J. F.; RISSI, D. R.; LUCENA, R. B. *et al.* Polioencefalomalacia em bovinos: epidemiologia, sinais clínicos e distribuição das lesões no encéfalo. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 29, p. 487-497, 2009.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235 p.

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

SOARES, J. P. *Fatores limitantes do consumo de capim-elefante cv. Napier utilizando vacas leiteiras confinadas*. 2002. 110 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2002.

SUTHERLAND, T. M. Particle separation in the forestomach of sheep. In: DOBSON, A.; DOBSON, M. H. (Ed.) *Aspects of digestive physiology in ruminants*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1988. p. 43-73.

THIAGO, L. R. L. S.; GILL, M. *Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem de forragem pelo rúmen*. Campo Grande: EMBRAPA/CNPGC, 1990. 65 p. (EMBRAPA-CNPGC, Documento, 43).

TRIPATHI, M. K.; AGRAWAL, I. S.; SHARMA, S. D. *et al.* Effect of substitution of soybean meal with treated or untreated high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal on intake, digestibility, growth performance and body composition of calves. *Animal Feed Science and Technology*, v. 94, p. 137-146, 2001.

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

UDÉN, P.; COLUCCI, P. E.; van SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *Journal of Science Food and Agriculture*, v. 31, p. 625-632, 1980.

ULYATT, M. J.; DELLOW, A. J.; JOHN, A. *et al.* Contribution of chewing during eating and ruminantion to the clearance of digesta from the ruminoreticulum. In: MILLIGAN, L. P.; GROVUM, W. L.; DOBSON, A. (Ed) *Control of digestion and metabolism in ruminants*. Reston: Reston Publishing, 1986. p. 498-515.

van SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VANETTEN, C. H.; GAGNE, W. E.; ROBINS, D. J. *et al.* Biological evaluation of crambe seed meals and derived products by rat feeding. *Cereal Chemistry*, v. 46, p. 145-155, 1969.

VIEIRA, R. A. M.; CAMPOS, P. R. D. S. S.; SILVA, J. F. C. D. *et al.* Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. *Animal Feed Science and Technology*, v. 171, n. 2-4, p. 154-166, 2012.

VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. *Journal of Theoretical Biology*, v. 255, p. 357-368, 2008.

WALDO, D. R. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. *Journal of Dairy Science*, v. 69, n. 4, p. 617-631, 1986.

WALLIG, M. A.; BELYEA, R. L.; TUMBLESON, M. E. Effect of pelleting on glucosinolates content of crambe meal. *Animal Feed Science and Technology*, v. 99, p. 205-214, 2002.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Agricultural Science*, v. 59, p. 381-385, 1962.

2. CONCLUSÕES GERAIS

A torta e o farelo de crambe possuem bom potencial de utilização em dietas de bovinos confinados em substituição a outras fontes proteicas convencionais, como os coprodutos da soja e do algodão, que tiveram nos últimos anos uma crescente valorização em virtude dos diferentes fatores, como o aumento na exportação de grãos e a competição com alimentação de animais monogástricos.

O farelo e a torta de crambe podem ser utilizados em até 15% de inclusão na matéria seca de dietas de bovinos em crescimento sem efeito negativo sobre o consumo e a digestibilidade de nutrientes, embora tenha havido tendência à redução de consumo no experimento com até 20% de inclusão de torta de crambe nas dietas de bovinos em confinamento, mas que foi compensada pela maior digestibilidade dos nutrientes e pela boa eficiência alimentar quando comparada ao tratamento-controle.

Recomenda-se uma prévia análise química da composição destes coprodutos, uma vez que pode haver grande variação nos teores de proteína, extrato etéreo e de fibra detergente neutro na composição dos alimentos em virtude da não uniformidade de extração de óleo das sementes de crambe.