

JULIANA VARIZ DA COSTA

DESEMPENHO PRODUTIVO DE VACAS LACTANTES ALIMENTADAS COM  
FARELO DE MAMONA TRATADO COM ÓXIDO DE CÁLCIO

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

JULIANA VARIZ DA COSTA

DESEMPENHO PRODUTIVO DE VACAS LACTANTES ALIMENTADAS COM  
FARELO DE MAMONA TRATADO COM ÓXIDO DE CÁLCIO

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

Aprovada: 05 de março de 2010.

---

Prof. Edenio Detmann  
(Co-Orientador)

---

Prof. Sebastião de C. Valadares Filho  
(Co-Orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Rilene Ferreira Diniz Valadares

---

Prof<sup>a</sup>. Cristina Mattos Veloso

---

Prof. José Maurício de Souza Campos  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar sempre meu caminho e me conceder força e capacidade.

Aos meus irmãos, Patrícia, Reinaldo e Gladstoni, grandes companheiros e amigos.

À minha mãe, Rosália, alicerce da minha vida, pelos valores ensinados, orações e incentivo.

Ao meu pai, Antônio, pelo carinho.

Ao Departamento de Veterinária da UFV, pela formação acadêmica.

Ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização desse curso.

À Universidade Federal de Viçosa, que me acolheu desde o Coluni.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio parcial nessa pesquisa.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT – CA), pelo apoio parcial dessa pesquisa.

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo apoio parcial nessa pesquisa.

Ao professor José Maurício de Souza Campos, pela confiança e orientação.

Aos professores Edenio Detmann, Sebastião de C. Valadares Filho, Rilene F. Diniz Valadares e Cristina Mattos Veloso, pelas contribuições para realização deste trabalho.

Aos funcionários da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite, do Laboratório de Nutrição Animal e da Zootecnia, pela amizade e contribuições na realização deste trabalho.

Aos meus estagiários: Alex, Plínio, Tarso, Marco Aurélio, Thalita Batista, Mayra, Wagner e, especialmente, Thalita Evani, pela dedicação e principalmente pela amizade.

Aos estagiários do Convênio Nestlé, pela ajuda no experimento.

Ao amigo André, pela paciência, orientação e valiosos ensinamentos.

À minha irmã-científica e amiga Amanda, pelo auxílio e companhia.

Às amigas de república, Alessandra, Francianny, Amanda e Emília e agregada Viviane, pelo convívio, companheirismo, cumplicidade, risadas e por todos os momentos maravilhosos que vivemos juntas.

Aos amigos João Gabriel, DeJane, Virgínia e Sueli, por estarem sempre presentes, pelos conselhos, apoio e todo divertimento que me proporcionaram.

Aos amigos Fabrício, Jurandy, Júlio e João Gabriel, pela valiosa ajuda nas noites de comportamento.

Ao meu esposo Flávio, pelo apoio, paciência, preocupação e por toda alegria que me proporciona.

Às vacas, Bolinha, Doçura, Hermínia, Eva, Esfiha, Borboleta, Darlene, Dorotéia, Ferinha, Graciosa, Gardênia, Gamali, Gina, Giulia, Galena e Geni, que participaram diretamente deste trabalho.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu concluísse essa etapa.

## **BIOGRAFIA**

Juliana Variz da Costa, filha de Antônio Caetano da Costa e Maria Rosália Variz Carniato, nasceu em Ervália, estado de Minas Gerais, em 10 de outubro de 1984.

Em março de 2003, ingressou no curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal de Viçosa (UFV), colando grau em 23 de janeiro de 2008.

Em março de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, defendendo tese em 5 de março de 2010.

## CONTEÚDO

<b>RESUMO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
Literatura Citada.....	6
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	17
Conclusões.....	39
Literatura Citada.....	30

## RESUMO

COSTA, Juliana Variz da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Março 2010.  
**Desempenho produtivo de vacas lactantes alimentadas com farelo de mamona tratado com óxido de cálcio.** Orientador: José Maurício de Souza Campos. Co-orientadores: Edenio Detmann e Sebastião de Campos Valadares Filho.

O crescimento da participação de biodiesel na matriz energética mundial aumentou o interesse no cultivo e processamento de oleaginosas, criando oportunidades para a produção de ruminantes pela possibilidade de utilização de co-produtos resultantes do processo de extração do óleo das sementes dessas oleaginosas. A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma cultura tradicional do semi-árido brasileiro, e se destaca pelo potencial de exploração nessas regiões marginalizadas do processo de desenvolvimento econômico e pela maior intensidade no uso de mão-de-obra. Nesse sentido, avaliou-se o efeito da substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona não decorticado, tratado com óxido de cálcio (FMT), nas proporções de 0; 1/3; 2/3 e 1, na base da matéria seca (MS), sobre o consumo, a digestibilidade, o desempenho produtivo e o metabolismo de compostos nitrogenados (N) em vacas de leite. A inativação (por desnaturação) da toxina ricina no farelo de mamona (FM) foi realizada utilizando-se solução de óxido de cálcio (micropulverizado, com 90% de óxido total), na dose de 60 gramas de cal/kg de FM, na base da matéria natural. Foram utilizadas 16 vacas da raça Holandesa, distribuídas em quatro quadrados latinos 4 x 4, de acordo com o período de lactação, balanceados para efeito residual. Os animais receberam ração concentrada na proporção de 1 kg para cada 3 kg de leite produzido, na base da matéria natural, o que correspondeu ao fornecimento de dietas isonitrogenadas contendo 32,56% de concentrado (base da MS). Utilizou-se silagem de milho como fonte exclusiva de volumoso. Adotou-se o teste de Williams como procedimento de comparações de médias. O teor de ricina do FM foi reduzido em 92,6% com o tratamento alcalino (de 1004,6 para 73,9 mg de ricina/kg de MS de farelo). A substituição do FS pelo FMT aumentou em 32 e 18% as frações de N insolúveis em detergente neutro e ácido na dieta. Além disso, incrementou em 11 e 142% os teores de lignina e cutina, o que contribuiu para aumentar em 29% a fração indigestível da fibra em detergente neutro na dieta. O consumo de ricina aumentou a partir de 1/3 de substituição, com valor máximo de 0,31 mg de ricina/kg de peso corporal na dieta com o maior nível de substituição. Contudo, não foram verificados sintomas clínicos de intoxicação por ricina, bem como efeitos ( $P>0,05$ ) sobre os níveis séricos das enzimas hepáticas gama

glutamyltranspeptidase, alanina aminotransaminase e aspartato aminotransaminase. Os consumos de MS, PB e carboidratos não fibrosos (CNF) reduziram ( $P<0,05$ ) a partir de 2/3 de substituição, enquanto o consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) aumentou ( $P<0,05$ ) a partir de 1/3 de substituição do FS pelo FMT. Apesar da digestibilidade de todos os componentes da dieta [exceto extrato etéreo, que aumentou ( $P<0,05$ )] ter reduzido a partir de 1/3 de substituição, os consumos dos componentes digestíveis (MS, matéria orgânica, PB, CNF, FDNcp) e nutrientes digestíveis totais (NDT) somente foram reduzidos ( $P<0,05$ ) a partir de 2/3 de substituição. Devido à redução do consumo de energia digestível, a síntese de N microbiano ruminal reduziu ( $P<0,05$ ) com a substituição total do FS pelo FMT. A produção de leite (PL), PL corrigida para 3,5% de gordura, os teores de PB e extrato seco desengordurado do leite, a variação diária de peso corporal e a eficiência de utilização dos nutrientes para síntese de N no leite reduziram ( $P<0,05$ ) a partir de 2/3 de substituição do FS pelo FMT. Concluiu-se que o FMT pode substituir no máximo 1/3 do FS (5% de inclusão na MS da dieta ou 0,860 kg de MS/dia de FMT) para vacas de leite com produção média de 25 kg/dia de leite.



## ABSTRACT

COSTA, Juliana Variz da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March 2010.  
**Performance of dairy cows fed with castor meal treated with calcium oxide.**  
Adviser: José Maurício de Souza Campos. Co-advisers: Edenio Detmann e Sebastião de Campos Valadares Filho.

Biodiesel production growth fostered the interest in cultivation and processing of oil producing plants, opening opportunities to the use of the sub-products of the extraction of oils from the seeds of these plants in the breeding of ruminants. Castor oil plants (*Ricinus communis*) is a traditional plantation of semi-arid regions of Brazil and is very important in these regions, marginalized from the economic development and that still have strong use of human hand work. The objective of this work was to evaluate the effect of substitution of soy beans meal (SBM) by unstripped castor seeds meal treated with calcium oxide (CSMT) on ratios 0; 1/3; 2/3 e 1 on dry matter base (DM), over the intake, the digestibility, the performance and metabolism of nitrogen compounds (N) in dairy cows. The inactivation of the ricina toxin (by desnaturation) in the castor seed meal (CSM) was performed using a calcium oxid solution (micro powdered, containing 90% of total oxid), on dose 60 grams of calcium/kg of CSM, based on natural matter. It were used 16 holstein frison, distributed in 4 latin squares 4 x 4, according to the lactation period, balanced by the residual effect. The animals received concentrated feed at a ratio of 1 kg for 3 kg of produced milk, based on natural matter. This corresponded to diets isonitrogened, containing 32,56% of concentrated feed (based on DM). It used corn silage as the unique source of forage. It was used the Williams test to compare the means. The alcalin treatment reduced by 92, 6% the toxin in the CSM (from 1004,6 to 73,59 mg toxin/kg of meal MS). The substitution of SBM by CSMT increased by 32% and 18% respectively, the fractions of undissolvable N in neutral and acid detergents of the diet and increased by 11% and 142% respectively the levels of lignine and cutine. This contributed to increase by 29% the undigestible fraction of the fiber in neutral detergent of the diet. The intake of ricina increased starting from 1/3 of replacement of SBM by CSMT, reaching a maximum level of 0,31 mg of toxin/kg body weight in the diet containing the maximum level of replacement. Despite this, no ricin intoxication clinical symptoms were observed, nor effects ( $P>0,05$ ) on levels of the hepatic enzymes gamma-glutamialpeptidase, alanine amminotransaminase and aspartate amminotransferase in the serum. The intake of DM,

crude protein (CP) and non fibrous carbohydrates (NFC) reduced ( $P<0,05$ ) beginning at 2/3 replacement of SBM by CSM. The intake of neutral deterged fibers corrected by ashes and protein (NDFap) increased ( $P<0,05$ ) starting from 1/3 replacement of SBM with CSMT. Despite of the digestibility of all components of the diet [with the exception of etereous extract, that increased ( $P<0,05$ )] decreased starting from 1/3 replacement, the intake of digestible components, DM, organic matter, CP, NFC, NDFap and total digestible nutrients (TDN) only were reduced starting from 2/3 replacement. Because of the reduction of digestible energy, the synthesis of microbial N reduced ( $P<0,05$ ) with total replacement of SBM by CSM. The milk production (PL), PL corrected by 3,5% fat, the levels of CP and dry unfatted extract of milk, the daily variation of body weight and the efficiency of utilization of the nutrients for the synthesis of N in milk reduced ( $P<0,05$ ) starting from 2/3 replacement of SBM by CSMT. The CSMT can replace maximum 1/3 of SBM (5% of diet DM or 0,860 kg of DM/day of CSMT) in dairy cows producing mean 25 kg milk a day.

## INTRODUÇÃO

A produção de leite ocupa lugar de destaque no agronegócio brasileiro. Analistas apontam o Brasil como um dos países com maior potencial de crescimento nesse setor devido à disponibilidade de recursos naturais, como terra e água e infra-estrutura.

O setor pecuário bovino brasileiro reconhece que os custos com a alimentação dos animais representam a maior porcentagem do custo operacional, cerca de 30 a 70 % do custo total de produção, dependendo do tipo de atividade. Assim, a busca por alternativas sustentáveis da unidade de produção, definidas, principalmente, pelas questões ambientais, econômicas e sociais, vem fundamentando os esforços atuais da pesquisa.

Os subprodutos apresentam potencial para uso na alimentação de animais e muitos pesquisadores já vêm estudando esta prática há algum tempo. Contudo, mais recentemente, devido à crescente preocupação com as questões ambientais e à grande oscilação de preços de *commodities* e alimentos tradicionais, como os grãos de cereais, o interesse pela introdução desses subprodutos nas rações de ruminantes tem crescido consideravelmente.

Atualmente, o crescimento da participação de biodiesel na matriz energética mundial aumentou o interesse no cultivo e processamento de oleaginosas, criando oportunidades para a produção de ruminantes pela possibilidade de utilização de co-produtos resultantes do processo de extração do óleo das sementes dessas. Assim, haveria integração entre as cadeias de produção de biodiesel e da pecuária, otimizando a geração de empregos e renda, minimizando os passivos ambientais e ofertando maior leque de opções para os produtores. Entre as culturas disponíveis, a mamona (*Ricinus communis* L.) destaca - se pelo potencial de exploração em regiões marginalizadas do processo de desenvolvimento econômico e pela maior intensidade no uso de mão-de-obra. Dessa forma, vislumbra-se a produção de tortas e farelos de mamona para utilização na alimentação de ruminantes.

A semente da mamona é cultivada em zonas temperadas e tropicais do mundo e é amplamente usada para fins medicinais e industriais (Anandan et al., 2005). A Índia é líder na produção de mamona com a produção anual de 590.000 toneladas no ano de 2002 (FAO, 2002).

A torta da mamona é obtida após extração mecânica do óleo, possuindo, aproximadamente, 13% de óleo (Costa et al., 2004). O farelo de mamona se difere da torta pelo método de extração, através de solventes, o que permite a obtenção de produto com menor teor de óleo (abaixo de 1,5%) e, conseqüentemente, maior teor de proteína bruta (PB) (Evangelista et al. 2004). A torta corresponde a 55% do peso da semente, permitindo

rendimento aproximado de 1,2 toneladas de torta para cada tonelada de óleo extraído (Azevedo e Lima, 2001). Em razão da maior eficiência industrial do processo de extração de óleo com solventes, o farelo de mamona deverá ser o principal produto obtido após a extração do óleo (Baliza et al., 2004).

O farelo de mamona apresenta-se como alimento concentrado protéico, com teor médio de PB de 40,7%, base da MS (Matos, 1976), correspondendo a 80% do teor de PB do farelo de soja, com degradação ruminal efetiva intermediária entre o farelo de soja e o farelo de algodão (Moreira et al., 2003).

Apesar do potencial de utilização do farelo de mamona na alimentação de ruminantes como substituto de fontes tradicionais de proteína (farelo de soja e farelo de algodão), que poderia agregar maior valor e renda à cadeia produtiva, este produto é utilizado somente como fertilizante orgânico controlador de nematóides (Severino, 2005). A presença de um composto tóxico – a ricina; de um alcalóide – a ricinina; e de complexos alergênicos – CB-1A, bem como a carência tecnológica que propicie a obtenção de alimento seguro com preços competitivos, em escala industrial, têm impedido a sua adoção na alimentação animal (Severino, 2005).

A ricina é uma proteína solúvel encontrada exclusivamente no endosperma da mamona, não sendo detectada em outras partes da planta, como raízes, folhas e caules (Bandeira et al., 2004). Apesar da alta toxicidade da semente, o óleo de mamona – chamado de óleo de rícino - não é tóxico, pois a ricina não é solúvel em lipídios, ficando todo o componente tóxico na torta/farelo (Gaillard e Pepin, 1999).

A toxicidade da ricina é conhecida há mais de um século, mas somente no final da década de 80, foi descrito o seu mecanismo de ação (Endo e Tsurugi, 1988). Estudos têm associado a ocorrência de lesão hepática na presença de ricina em ratos, revelada pela atividade de diversas enzimas relacionadas com a função hepática, como a alaninoaminotransferase (ALT) e aspartatoaminotransferase (AST), que são liberadas das células hepáticas para a corrente sanguínea, quando lesionadas (Kumar et al., 2003).

A ricina classifica - se como uma lecitina, componente do grupo das “proteínas inativadoras de ribossomos”, compostas por duas subunidades de funções biológicas distintas. A subunidade A inativa especificamente e irreversivelmente os ribossomos eucarióticos, impedindo a síntese protéica. Já a subunidade B encontra-se ligada à parede celular e à subunidade A e permite a entrada da subunidade A por endocitose para o citossol (Olsnes et al., 1974; Endo e Tsurugi, 1988).

A ricinina é um alcalóide encontrado em todas as partes da planta, podendo ser detectado desde as fases iniciais de desenvolvimento (Holfelder, 1998). O teor de ricinina varia em função das partes da planta, sendo maior nas folhas; características genéticas; estresses ambientais e teor de ricina nas sementes, sendo negativamente correlacionados (Moshkin, 1986).

A fração alergênica é formada por um complexo de proteínas e polissacarídeos denominado CB-1A, presentes na semente, pólen e partes vegetativas da planta. Pessoas expostas continuamente ao CB-1A podem desenvolver sintomas alérgicos como conjuntivite, fobia à luz, faringite, dermatite urticária e bronquite asmática, embora não tenham sido constatados sintomas em animais (Távora, 1982). Para o uso do farelo na alimentação animal, o CB-1A não representa grande entrave, pois sua alergenicidade só é danosa quando é injetado ou absorvido pelas vias respiratórias, o que só acontece se houver exposição a grandes quantidades do produto em ambiente pouco ventilado (Bandeira et al., 2004). Todavia, a eliminação da fração alergênica deve ser considerada no processo de eliminação de compostos indesejáveis do farelo de mamona, de forma a garantir a obtenção de um produto seguro ao homem.

Os tratamentos que possibilitam transformar o farelo de mamona num produto destoxicado foram estudados há bastante tempo, tendo-se obtido alguns resultados satisfatórios, embora não conclusivos.

Na década de 1960, a Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (SANBRA) desenvolveu processo de destoxicação do farelo de mamona, aplicável em escala industrial, que proporcionou a obtenção de produto considerado seguro para a alimentação animal (Matos, 1976). Este produto, apresentado como “Lex Protéico”, era resultante do aquecimento do farelo de mamona em autoclave especial, com temperatura máxima de processamento de 125 °C e pressão máxima de 2 kgf/cm<sup>2</sup> (Matos, 1976).

Em razão da elevada oferta de “Lex Protéico”, nas décadas de 1960 e 1970 foram desenvolvidos diversos trabalhos sobre a utilização do farelo de mamona destoxicado na alimentação de animais com resultados satisfatórios.

Matos (1976) avaliou o efeito da substituição total ou parcial do farelo de algodão pelo farelo de mamona destoxicado (Lex Protéico) na alimentação suplementar de vacas em lactação. O autor concluiu que o farelo de mamona destoxicado pode substituir, total ou parcialmente, o farelo de algodão na alimentação suplementar de vacas em lactação. A qualidade e produção do leite não foram afetadas. As dietas tiveram boa aceitabilidade pelos animais e não foram notados sintomas aparentes de intoxicação nos animais.

Porém, a partir da década de 1980 houve paralisação das pesquisas com o uso da torta ou farelo de mamona na alimentação animal. Provavelmente, a torta de mamona destoxicada se tornou pouco competitiva frente ao farelo de algodão, que era disponível em maior quantidade, com menor custo relativo, devido a ausência de necessidade de destoxicação (Severino, 2005). Atualmente, os trabalhos concentram-se em avaliações sobre eficácia de destoxicação da ricina por diferentes métodos, bem como seu efeito sobre o valor nutritivo e metabolismo animal (Anandan et al., 2005; Oliveira et al., 2006; Oliveira et al., 2007).

Diniz (2009), utilizando bovinos machos castrados, avaliou o efeito de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com cal (FMT) ou não (FMNT) na alimentação dos animais. Apesar do maior consumo de ricina na dieta contendo FMNT em relação ao FMT não foram observados efeitos sobre o consumo e ganho de peso. A autora concluiu que o FMT com 6% de cal pode substituir totalmente o FS em dietas para bovinos em terminação.

Em uma investigação realizada na Índia, Anandan et al. (2005) compararam a eficácia de diferentes métodos físicos (autoclavagem, cozimento, aquecimento, fervura e embebição) e químicos (tratamento com hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio, amônia, cloreto de sódio, formaldeído ou tanino) de destoxicação da ricina do farelo de mamona. Dos métodos avaliados, somente o autoclave (15 psi, 60 min) e o tratamento com hidróxido de cálcio (40g/kg de farelo de mamona) inativaram completamente a ricina.

No Brasil, Oliveira et al. (2007) compararam a eficácia de destoxicação da ricina do farelo de mamona por meio do tratamento do mesmo com hidróxido de cálcio (20, 40 ou 60 g/kg, diluído ou não em água), com óxido de cálcio (20, 40 ou 60 g/kg, diluído ou não em água) e em autoclave (15 psi, durante 30, 60 ou 90 minutos). A eficácia de destoxicação da ricina do farelo de mamona em autoclave com 15 psi durante 60 minutos ou com hidróxido de cálcio na dose de 40 g/kg de farelo, observada por Anandan et al. (2005) não se confirmou. Segundo os autores, fatores relacionados aos genótipos da mamona, processos de extração de óleo, pureza dos agentes alcalinizantes, entre outros, podem explicar as diferenças. Somente os tratamentos em autoclave com 15 psi, durante 90 minutos, e com hidróxido de cálcio ou óxido de cálcio, diluídos em água (1:10), na dose de 60 gramas/kg de farelo, mostraram-se eficazes em desnaturar a ricina.

Diante do exposto, à luz do conhecimento atual, as tecnologias disponíveis possibilitam a destoxicação do farelo de mamona com eficácia. Todavia, estudos sobre a viabilidade econômica e operacional em diferentes escalas de produção são inexistentes, o

que impede, até o momento, o uso do farelo de mamona destoxicado na alimentação animal. Além disso, as informações existentes não possibilitam gerar recomendações nutricionais precisas do seu uso na alimentação de bovinos com maior potencial de produção.

Em face desta limitação, o Projeto interinstitucional “Aproveitamento ótimo do Farelo de Mamona”, financiado pela FINEP (Convênio N<sup>o</sup> 4596 FUNARBE/FINEP Mamona Rede) cujo presente trabalho está vinculado, visa o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para a extração do óleo por prensagem e solvente de origem orgânica, obtendo o farelo de mamona destoxicado, adequado para a formulação de rações para animais, visando à viabilidade técnica e econômica. Estas tecnologias serão desenvolvidas para o atendimento das necessidades da agricultura familiar.

Diante do exposto, desenvolveu-se este trabalho para avaliação do efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona destoxicado nas proporções de 0; 1/3; 2/3 e 1 na MS da dieta, sobre a concentração sérica de enzimas hepáticas, o consumo e digestibilidade dos componentes da dieta, o desempenho produtivo e o metabolismo de compostos nitrogenados em vacas lactantes com produção média de 25 kg/dia de leite.

O trabalho a seguir foi redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ).

## Literatura Citada

- ANANDAN S.; ANIL KUMAR, G.K.; GHOSH J. et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.159-168, 2005.
- AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.
- BALIZA, D.P.; CARDOSO, M.G.; VILELA, F.J. et al. Extração do óleo fixo de torta oriundo da prensagem industrial de sementes de *Ricinus communis* (Mamona). In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004. **Anais...** Campina Grande. Disponível em: [www.cnpa.embrapa.br](http://www.cnpa.embrapa.br).
- BANDEIRA, D.A.; CARTACHO, W.V.; SEVERINO, L.S. et al. Resíduo industrial da mamona como fonte alternativa na alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., Campina Grande, 2004. **Anais...** Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [www.cnpa.embrapa.br](http://www.cnpa.embrapa.br).
- COSTA, F.X.; SEVERINO, I.S.; BELTRÃO, N.E.M. et al. Composição química da torta de mamona. I Congresso Brasileiro de Mamona, 2004. **Anais ...** Campina Grande. Disponível em: [www.cnpa.embrapa.br](http://www.cnpa.embrapa.br)
- DINIZ, L.L. **Desempenho e avaliação nutricional de dietas contendo farelo de mamona para bovinos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Viçosa: UFV, 2009. 83p.
- ENDO, Y; TSURUGI, K. The RNA N-glycosidase activity of Ricin A-chain. **The Journal of Biological Chemistry**, v.263, n.18, p.8735-8739.1988.
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; PERON, A.J. Avaliação da composição química das tortas de mamona e amendoim obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., Campina Grande, 2004. **Anais...** Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [www.cnpa.embrapa.br](http://www.cnpa.embrapa.br).
- FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <http://www.fao.org>
- GAILLARD, Y. & PEPIN, G. Poisoning by plant material: review of human cases and analytical determination of main toxins by higher-performance liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry. **Journal of Chromatography B**, v.733, p.181-229, 1999.



- HOLFELDER, M.G.A.; STECK, M.; KOMOR, E.; et al. Ricinine in phloem sap of *Ricinus communis*. **Phytochemistry**, v.47, n.8, p.1461-1463. 1998.
- KUMAR, O.; SUGENDRAN, K.; VIJAYARAGHAVAN, R. Oxidative stress associated hepatic and renal toxicity induced by ricin in mice. **Toxicol**, v.41, p.333-338, 2003.
- MATOS, L.L. **Substituição do farelo de algodão pelo farelo de mamona alimentação suplementar de vacas em lactação**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Viçosa: UFV, 1976. 39p.
- MOREIRA, J.F.C., RODRÍGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C.; et al. Concentrados protéicos para bovinos. 1. Digestibilidade in situ da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.3, 2003.
- MOSHKIN, V.A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. 315p.
- OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona tratado ou não com hidróxido de cálcio In: I CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, v.2. p.8 – 13, 2006.
- OLIVEIRA, A.S.; OLIVEIRA, M.R.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. Eficácia de diferentes métodos de destoxificação da ricina do farelo de mamona. In: II CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2007. **Anais...** Brasília, p.1-6, 2007.
- OLSNES, S.; REFSNES, K.; PIHL, A. Mechanism of action of the toxic lectins abrin and ricin. **Nature**, v.249, p.627-631, 1974.
- SEVERINO, I.S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. 31p. (Embrapa Algodão. Documentos, 134), 2005.
- TÁVORA, F.J.A.F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará, 1982. 111p.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite, Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizadas 16 vacas da raça Holandesa, distribuídas em quatro quadrados latinos 4 x 4, de acordo com o período de lactação, balanceados para efeito residual. Os animais iniciaram o experimento com média de 100 dias de lactação e no final do experimento apresentaram menos de 150 dias de gestação.

O experimento foi constituído por quatro períodos, com duração de 21 dias cada, sendo os 14 primeiros dias de adaptação às dietas e os demais para coleta de dados. Os animais foram alimentados com quatro dietas experimentais referentes a quatro proporções de substituição do FS pelo FMT: 0; 1/3; 2/3 e 1, na base da matéria seca (MS).

A inativação da ricina do farelo de mamona não decorticado foi realizada mediante desnaturação com tratamento alcalino, utilizando-se solução de CaO (cal virgem agrícola micropulverizada, contendo 90% de óxido total, Mineração Belocal LTDA, São José da Lapa - MG), na proporção de 1 kg em 10 litros de água, perfazendo a dose de 60 gramas de cal por kg de FM, com base da matéria natural, conforme recomendado por Oliveira (2008). Após a mistura do farelo com a solução de cal, o material permaneceu em repouso por doze horas, sendo logo após seco ao sol durante aproximadamente 48 horas.

As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas contendo 15% de proteína bruta (PB), de forma a atender as exigências nutricionais de uma vaca com 540 kg de peso corporal, produzindo 25 kg/dia de leite com 3,5% de gordura (NRC, 2001). A mistura contendo nove partes de uréia e uma parte de sulfato de amônio foi utilizada para ajustar o teor de PB da dieta. Os animais receberam ração concentrada na proporção de 1 kg para cada 3 kg de leite produzido, o que correspondeu em média, ao fornecimento de dietas contendo 32,56% de concentrado, com base da MS. Silagem de milho foi utilizada como

fonte exclusiva de volumoso. Após análise prévia do teor de PB dos alimentos, a proporção dos mesmos nas dietas experimentais foi elaborada conforme descrito na Tabela 1. A mistura de microminerais foi balanceada para atender 100% das exigências nutricionais, segundo o NRC (2001).

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais ofertadas

Ingredientes	Proporção de substituição do FS pelo FMT (da MS)			
	0	1/3	2/3	1
	----- da MS-----			
Silagem de milho	67,44	67,44	67,44	67,44
Milho grão moído	8,93	8,93	8,93	8,93
Farelo de trigo	6,70	6,35	6,02	5,68
Farelo de soja	14,88	9,93	4,96	0,00
Farelo de mamona tratado <sup>1</sup>	0,00	4,96	9,93	14,88
Uréia/sulfato de amônio	0,09	0,43	0,77	1,12
Mistura mineral <sup>2</sup>	1,30	1,30	1,30	1,30
Cloreto de sódio	0,47	0,47	0,47	0,47
Cloreto de potássio	0,09	0,09	0,09	0,09
Flor de enxofre	0,09	0,09	0,09	0,09

<sup>1</sup> Farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg, conforme Oliveira (2008).<sup>2</sup> 20% de Ca; 13% de P; 1 % de Mg; 1% de S; 2300 ppm de Cu; 8000 ppm de Zn; 1800 ppm de Mn; 160 ppm de I; 185 ppm de Co; 40 ppm de Se.

A composição química dos alimentos está apresentada na Tabela 2.

A ração concentrada foi misturada no início de cada período, sendo amostrados cada alimento. Os animais foram manejados em baias individuais, tipo *Tie Stall*, onde receberam alimentação fornecida ad libitum duas vezes ao dia, às 7:00 e às 16:00 horas. No período de coleta, diariamente, em dois turnos, foram feitas pesagens e amostragens das quantidades de silagem de milho e rações concentradas fornecidas e das sobras de cada tratamento. As amostras foram armazenadas a -15oC para posteriores análises químicas.

Tabela 2 – Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Itens <sup>1</sup>	Alimentos <sup>5</sup>				
	SM	MG	FS	FT	FMT
MS, %	24,01	88,44	87,78	88,86	90,84
MO <sup>2</sup>	95,27	98,63	93,78	95,05	85,31
PB <sup>2</sup>	8,08	9,01	50,63	17,90	35,74
PDR <sup>2</sup>	5,65	2,74	25,41	15,16	15,67
NNP <sup>3</sup>	53,37	16,07	9,40	22,42	19,94
NIDN <sup>3</sup>	20,88	14,82	13,66	15,47	35,60
NIDA <sup>3</sup>	16,24	0,67	1,95	2,00	6,75
EE <sup>2</sup>	2,71	3,54	0,85	0,64	0,69
FDN <sup>2</sup>	54,39	13,19	21,32	40,00	53,27
FDN <sub>cp</sub> <sup>2</sup>	52,35	11,53	14,37	37,26	34,26
CNF <sup>2</sup>	32,13	74,54	39,04	28,14	14,62
FDA <sup>2</sup>	35,57	1,85	7,63	10,87	39,53
Lignina H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>2</sup>	4,47	1,95	1,72	2,55	4,69
Cutina <sup>2</sup>	2,86	0,03	0,67	1,81	21,24
FDN <sub>i</sub> <sup>2,4</sup>	23,95	1,83	4,21	16,28	40,34
FDA <sub>i</sub> <sup>2,4</sup>	16,68	1,19	0,46	9,56	33,99

<sup>1</sup> MS = Matéria seca; MO = Matéria orgânica; PB = Proteína bruta; PDR = Proteína degradável no rúmen; NNP = Nitrogênio não protéico; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE = Extrato etéreo; FDN<sub>cp</sub> = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = Carboidratos não-fibrosos; FDA = Fibra em detergente ácido; FDN<sub>i</sub> = FDN indigestível; FDA<sub>i</sub> = FDA indigestível.

<sup>2</sup>% da MS; <sup>3</sup>% do N total; <sup>4</sup>Obtido após incubação ruminal *in situ* por 264 horas;

<sup>5</sup> SM = silagem de milho; MG = milho grão moído; FS = farelo de soja; FT = farelo de trigo; FMT = farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg, conforme Oliveira (2008).

A composição química média das dietas está apresentada na Tabela 3.

As fezes foram coletadas diretamente na ampola retal, uma vez ao dia, às 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, do 16<sup>o</sup> ao 20<sup>o</sup> dias de cada período experimental, respectivamente. As amostras diárias de fezes de cada animal, em cada período, foram armazenadas a -15°C para posterior secagem e análises químicas.

Tabela 3 – Composição química média das dietas experimentais ofertadas

Itens <sup>1</sup>	Nível de substituição do FS pelo FMT (% da MS)			
	0	33,3	66,7	100
MS, %	45,14	45,33	45,53	45,72
MO <sup>2</sup>	93,38	92,64	91,90	91,15
PB <sup>2</sup>	15,23	15,32	15,41	15,49
PDR <sup>2</sup>	9,10	9,44	9,80	10,15
NNP <sup>3</sup>	22,24	28,55	34,83	41,04
NIDN <sup>3</sup>	16,23	17,96	19,67	21,35
NIDA <sup>3</sup>	6,97	7,38	7,79	8,20
EE <sup>2</sup>	2,31	2,30	2,29	2,28
FDN <sub>cp</sub> <sup>2</sup>	40,97	41,83	42,69	43,55
CNF <sup>2</sup>	35,02	33,88	32,75	31,61
FDA <sup>2</sup>	26,02	27,56	29,11	30,65
Lignina H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>2</sup>	3,62	3,75	3,89	4,03
Cutina <sup>2</sup>	2,15	3,17	4,18	5,20
FDN <sub>i</sub> <sup>2</sup>	18,03	19,77	21,51	23,24
FDA <sub>i</sub> <sup>2</sup>	12,06	13,69	15,33	16,96

<sup>1</sup>MS = Matéria seca; MO = Matéria orgânica; PB = Proteína bruta; PDR = Proteína degradável no rúmen; NNP = Nitrogênio não protéico; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE = Extrato etéreo; FDN<sub>cp</sub> = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = Carboidratos não-fibrosos; FDA = Fibra em detergente ácido; FDN<sub>i</sub> = FDN indigestível; FDA<sub>i</sub> = FDA indigestível. <sup>2</sup>% da MS; <sup>3</sup> % do N total;

As amostras de silagem de milho e de fezes foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C/72 horas) e, juntamente com as dos alimentos foram processadas em moinho de facas com peneiras de porosidade de 1 mm para análises químicas e 2 mm para incubação ruminal *in situ*. Das amostras diárias de fezes secas ao ar de cada animal, em cada período, foram feitas amostras compostas.

A quantificação da concentração de ricina no farelo de mamona não tratado (FM) e tratado com óxido de cálcio (FMT) foi realizada através da separação das frações A (36

kDa) e B (29 kDa) por eletroforese em gel de 10% de poliacrilamida em condição desnaturante (SDS-PAGE) de acordo com método proposto por Laemmli (1970), e por análise densitométrica, conforme descrito por Oliveira (2008). A análise eletroforética foi realizada no Laboratório Molecular de Plantas II, Bioagro/UFV.

As concentrações de fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foram obtidas após incubação ruminal dos alimentos, sobras e fezes em sacos F57 (Ankon®) por 264 horas, segundo Casali et al. (2008).

A quantidade total de MS fecal excretada foi estimada pela concentração de FDAi.

As análises dos teores de MS, PB (nitrogênio total x 6,25), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% p/p) foram realizadas segundo métodos descritos em Silva & Queiroz (2002). A quantificação de cutina foi realizada mediante hidrólise do resíduo de FDA com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% p/p, seguido de oxidação do resíduo da hidrólise com KMnO<sub>4</sub> e queima em mulfla a 550°C, segundo decrito por Van Soest (1994). Para análise da concentração de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa amilase termo-estável sem uso de sulfito de sódio, corrigidas para o resíduo de cinzas (Mertens, 2002) e para o resíduo de compostos nitrogenados (Licitra et al., 1996). As análises de FDN e FDA foram realizadas em analisador de fibra (Ankon 220®), utilizando sacos de TNT (tecido-não-tecido), com dimensões de 5 x 5 cm, mantendo-se relação média de 20 mg de MS/cm<sup>2</sup> de tecido e 100 mL de detergente/g de amostra seca ao ar. A quantificação de nitrogênio não protéico (NNP) dos alimentos foi realizada segundo Licitra et al. (1996).

O teor de proteína degradável no rúmen dos alimentos foi calculada usando a equação  $PDR = a + (b \times kd)/(kd + kp)$ , em que: a (%) = fração solúvel, b (%) = fração insolúvel potencialmente degradável, kd = taxa de degradação da fração b no tempo t, kp =

taxa de passagem. O valor de Kd utilizado foi obtido por Oliveira (2008). A taxa de passagem  $k_p$  ( $h^{-1}$ ) foi calculada de acordo com o NRC (2001), usando as seguintes equações:  $k_p$  para silagem de milho =  $3,054 + 0,614 \times CMS$  e  $k_p$  para os alimentos concentrados =  $2,904 + 1,375 \times CMS - 0,020 \times \% \text{ do concentrado na dieta}$ , em que CMS é o consumo de matéria seca expresso em % do peso corporal. O conteúdo de PNDR foi calculado como  $100 - PDR$ . Os consumos de PDR e PNDR foram calculados multiplicando-se o consumo de MS pelo teor de PDR e PNDR na dieta (% da MS), respectivamente.

Os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados adaptando-se o proposto por Hall (2000), sendo:  $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivada da uréia} + \%uréia) + \%FDNcp + \%EE + \%Cinzas]$ .

As vacas foram ordenhadas mecanicamente, duas vezes ao dia, fazendo-se o registro da produção de leite do 15<sup>o</sup> ao 21<sup>o</sup> dia de cada período experimental. Por meio de dispositivo acoplado à ordenhadeira foram coletadas amostras de leite, aproximadamente 300 mL, no 18<sup>o</sup> e 19<sup>o</sup> dia, nas ordenhas da manhã e da tarde, fazendo-se amostras compostas de cada dia de acordo com a produção de leite. Foram retiradas de cada amostra composta, duas alíquotas: a primeira alíquota (50 mL) foi acondicionada em frasco plástico com conservante (Bronopol<sup>®</sup>), mantidos entre 2 e 6°C, e encaminhada para o Laboratório de Análises de Qualidade de Leite da Embrapa Gado de Leite, para avaliação dos teores de lactose, gordura, proteína, extrato seco total e extrato seco desengordurado, segundo métodos descritos pelo International Dairy Federation (1996); a segunda alíquota foi desproteïnizada com ácido tricloroacético (10 mL de leite misturados com 5 mL de ácido tricloroacético a 25%), filtrada em papel-filtro e armazenada a -15°C para posterior análise de alantoína. A produção de leite (PL) corrigida para 3,5% de gordura (PLC) foi calculada segundo Sklan et al. (1992).

No sétimo dia de adaptação e no final de cada período experimental foram feitas pesagens individuais dos animais para avaliar a variação de peso. O peso dos animais correspondeu à média de duas pesagens, feitas antes do fornecimento da alimentação e após a ordenha.

Amostras de sangue foram coletadas no 18<sup>o</sup> dia por punção da veia coccígea, utilizando tubos de ensaio com anticoagulante (EDTA). Imediatamente, foram centrifugadas a 2.700 x g por 20 minutos sendo então retiradas amostras de plasma que foram acondicionadas em tubos eppendorf e congeladas a -15°C para posteriores análises de concentração de nitrogênio uréico e mensuração de enzimas hepáticas, gama glutamiltranspeptidase (GGT), alanina aminotransaminase (ALT) e aspartato aminotransaminase (AST).

Amostras *spot* de urina foram obtidas de todas as vacas no 17<sup>o</sup> dia de cada período experimental, durante micção estimulada por massagem na vulva, em três horários: zero, quatro e oito horas após a alimentação matinal. A urina foi filtrada em gaze e alíquotas de 10 mL de cada horário foram retiradas e diluídas imediatamente em 40 mL de ácido sulfúrico a 0,072 N, e armazenadas a -15°C para posteriores análises de nitrogênio total, uréia, alantoína (AL), ácido úrico (AU) e creatinina. Imediatamente antes das análises, as amostras de cada horário foram descongeladas, centrifugadas a 2.000 x g por 15 minutos, sendo então formadas amostras compostas (10 mL para cada tempo) por vaca, em cada período.

Os níveis séricos de GGT, ALT e AST foram avaliados utilizando-se o método cinético otimizado ultra-violeta (kits comerciais). As análises de AL na urina e no leite foram feitas pelo método colorimétrico, segundo descrito por Chen & Gomes (1992). As análises de uréia foram realizadas por meio de sistema enzimático-colorimétrico pelo método urease, utilizando-se *kits* comerciais (Labtest Diagnóstica S.A.). As análises de



ácido úrico na urina foram realizadas por meio do método enzimático-Trinder, utilizando-se *kits* comerciais (Labtest Diagnóstica S.A.) As análises de creatinina na urina foram realizadas por meio do método de ponto final com picrato e acidificante, utilizando-se *kits* comerciais (Labtest Diagnóstica S.A.).

O volume urinário total diário foi estimado dividindo-se as excreções urinárias diárias de creatinina pelos valores observados de concentração de creatinina na urina, segundo Valadares Filho & Valadares (2001). A excreção urinária diária de creatinina foi estimada a partir da proposição de 24,05 mg/kg de peso vivo (PV) de creatinina (Chizzotti et al., 2008).

A excreção total de derivados de purina (PT) foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina e da quantidade de alantoína excretada no leite. As purinas absorvidas (PA, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de PT (PT, mmol/dia), por meio da equação  $PA = (PT - 0,512 * PV^{0,75}) / 0,85$ , em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas (Verbic et al., 1990) e  $0,512 * PV^{0,75}$  a contribuição endógena para excreção de purinas obtida para vacas leiteiras (Gonzalez-Ronquillo et al., 2003).

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (Nmic, g/dia) foi calculada em função das PA (mmol/dia), por meio da equação  $Nmic = (70 * PA) / (0,83 * 0,116 * 1000)$ , em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116, a relação N-purina:N total nas bactérias (Chen & Gomes, 1992).

O balanço de compostos nitrogenados (BN) foi obtido pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido (Ning) e o total de nitrogênio excretado nas fezes (N-fezes), na urina (N-urina) e no leite (N-leite). A avaliação do nitrogênio total nas fezes e na urina foi feita segundo técnica descrita em Silva & Queiroz (2002).

As variáveis foram analisadas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + T_j + (P/Q)_{ik} + (V/Q)_{il} + Q \times T_{ij} + e_{ijkl}, \text{ sendo:}$$

$Y_{ijkl}$  = observação na vaca 1, no período k, submetida ao tratamento j, no quadrado latino i;

$\mu$  = constante geral;

$Q_i$  = efeito do quadrado latino i, sendo  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$T_j$  = efeito do tratamento j, sendo  $j = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$(P/Q)_{ik}$  = efeito do período k, dentro do quadrado latino i, sendo  $k = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$(V/Q)_{il}$  = efeito da vaca 1, dentro do quadrado latino i, sendo  $l = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$Q \times T_{ij}$  = efeito de interação entre o quadrado latino i e o tratamento j; e

$e_{ijkl}$  = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID  $(0; \sigma^2)$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM do programa *Statistical Analysis System* (SAS, 1989), e teste de Williams (Williams, 1971), específico para comparações de médias de natureza quantitativa, utilizando nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I.

## Resultados e Discussão

A substituição do FS pelo FMT modificou a composição dos compostos nitrogenados (N) e da fração de carboidratos e de fibra na dieta (Tabela 3). As frações de N não protéico (NNP), N insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA) incrementaram em 85, 32 e 18% com a substituição total do FS pelo FMT. Apesar da ampliação das frações de N associadas aos carboidratos e lignina da parede celular (NIDN e NIDA), as quais são consideradas de baixa disponibilidade aos microrganismos ruminais e de baixa digestibilidade intestinal (Van Soest, 1994; Detmann et al., 2006; Henriques et al., 2007), o maior incremento da fração NNP permitiu aumentar em 12% o teor de PDR na dieta (9,10 para 10,15%, base da MS) com a substituição total do FS pelo FMT.

O teor de FDN aumentou 6% e de CNF reduziu 10% com a substituição total do FS pelo FMT. Além disso, os teores de lignina e cutina aumentaram em 11 e 142%, o que contribuiu para aumentar em 29% a fração indigestível da fibra em detergente neutro na dieta com a substituição total do FS pelo FMT. A participação majoritária da cutina na FDNcp do FMT (62% da FDNcp) foi semelhante ao valor observado por Oliveira (2008), de 63,82% da FDNcp, e indica elevada presença de casca da semente de mamona (Van Soest, 1994). A cutina é a principal fração não fenólica da lignina bruta, composta por polímeros de ésteres de hidroxi-ácidos graxos de cadeia longa e álcoois, presente na epiderme de tecidos de plantas, conferindo proteção superficial às mesmas. Embora não forme ligações com carboidratos, por ser indigestível, apresenta-se como barreira à entrada de microrganismos ruminais, reduzindo a extensão da digestão (Van Soest, 1994).

A avaliação da eficácia de inativação (por desnaturação) da ricina do FM por meio do tratamento com 60 g de CaO/kg encontra-se na Figura 1. Verificou-se a presença das duas sub-unidades da ricina e de outras proteínas solúveis em tampão pH 3,8 no FM,

indicando que, embora o processo de extração do óleo por solvente seja capaz de destruir a toxina (Kim, 2001), ainda há presença de resíduos, necessitando de procedimentos para destoxicação. A eficácia do tratamento alcalino pode ser avaliada pela diferença na intensidade das sub-unidades de ricina (35 kDa e 29 kDa) no gel poliacrilamida (SDS-PAGE). Neste sentido, verificou-se que o tratamento alcalino provocou completa desnaturação da ricina. De acordo com a análise densitométrica, o teor de ricina do FM foi reduzido de 1.004,6 para 73,9 mg/kg de MS de farelo com o tratamento alcalino, com eficácia de destoxicação de 92,6%, confirmando os resultados verificados por Oliveira (2008).

Segundo Oliveira (2008), com o tratamento alcalino os valores de pH (12,5) do FM superam o valor de ponto isoelétrico da ricina, de 5,2 a 5,5, tornando a carga líquida da proteína negativa, provocando repulsão eletrostática, rompimentos de pontes de hidrogênio que mantêm a estrutura tridimensional e, conseqüentemente, desnaturação da proteína. A desnaturação representa alterações extremas na estrutura tridimensional de uma proteína, que não envolve quebra de ligações peptídicas, e quase sempre está associada à perda de função. Além de perda da função, grupos hidrofóbicos são expostos durante a desnaturação, resultando em diminuição da solubilidade da proteína em soluções aquosas. Assim, o desaparecimento das sub-unidades de ricina indica ausência de solubilidade das mesmas ao tampão pH 3,8 (valor ótimo de extração da ricina, segundo Waller & Negi, 1958), em razão das mudanças para o estado desnaturado da toxina quando submetida ao tratamento alcalino (Oliveira, 2008).

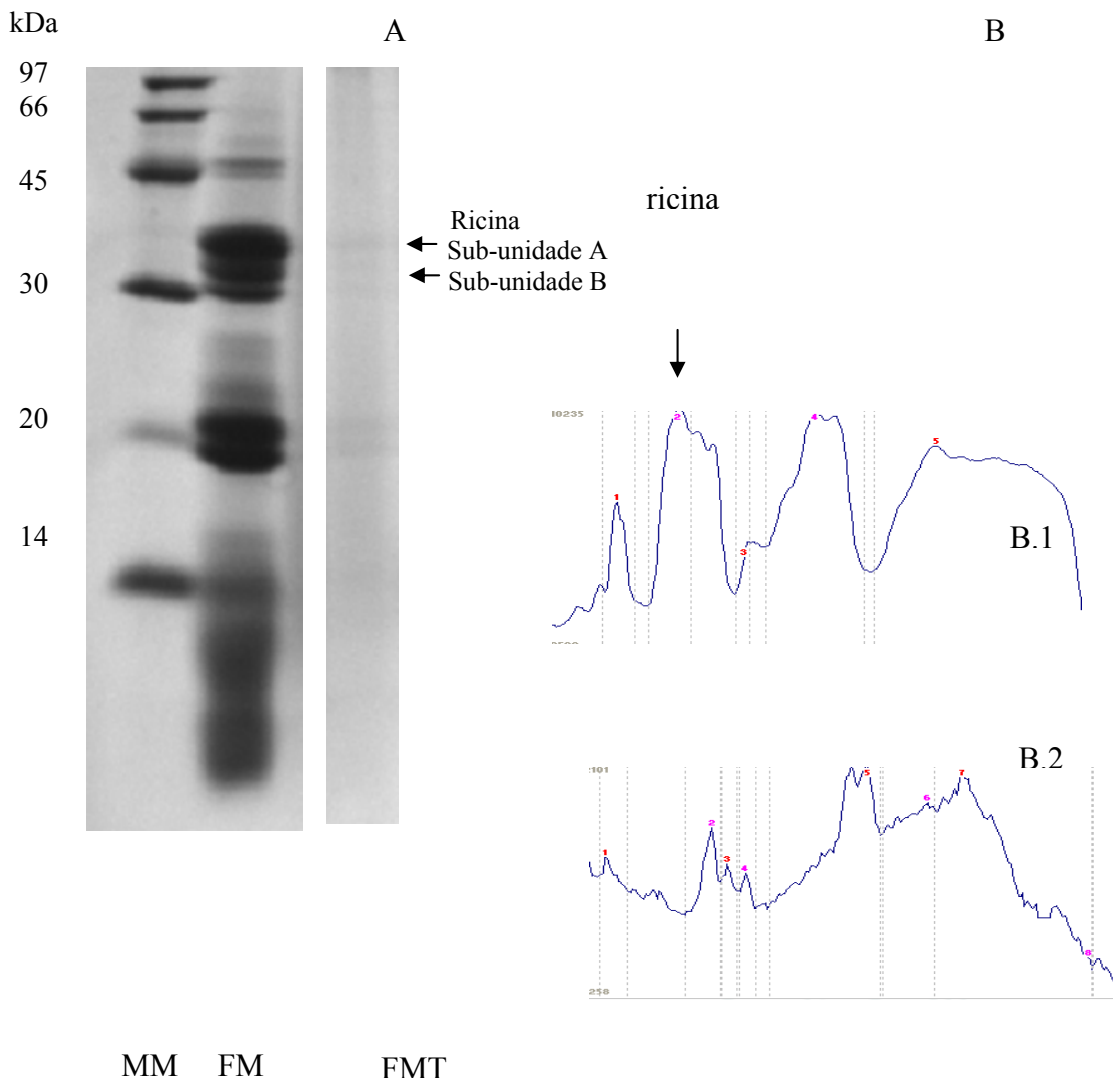


Figura 1 – [A] Gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) para avaliação da eficácia do tratamento do farelo de mamona (FM) com 60 g de CaO/kg de matéria natural (FMT) no desaparecimento da ricina (sub-unidade A com aproximadamente 35 kDa e sub-unidade B com aproximadamente 30 kDa). MM = marcador de massa molecular entre 14 e 97 kDa. [B] Análise densitométrica do gel (SDS-PAGE) do FM (B.1) e do FMT (B.2). O eixo das ordenadas representa unidade de densidade relativa e no eixo das abscissas as frações protéicas expressas em unidade de massa molecular relativa (do maior para o menor valor). A área de ricina está indicada pela seta.

Apesar do consumo de ricina ter aumentado com a substituição do FS pelo FMT (valor máximo de 0,311 mg de ricina/kg de peso corporal), não houve efeito ( $P > 0,05$ )

sobre os níveis séricos das enzimas gama glutamiltranspeptidase (GGT), alanina aminotransaminase (ALT) e aspartato aminotransaminase (AST) (Tabela 4). Esses resultados indicam ausência de efeito clínico de intoxicação por ricina, pois os níveis séricos de GGT, ALT e AST constituem indicadores de função hepática, os quais se elevam na ocorrência de lesão hepática e estão associados com ocorrência de intoxicação por ricina em ratos e ovinos (Kumar et al., 2003; Aslani et al., 2007). Os valores observados para as enzimas ALT e AST estão dentro dos padrões estabelecidos como normais para a espécie: ALT (11-40) e AST (78-132 UI/L) e o da GGT está levemente aumentado (GGT 6-18 UI/L), segundo Radostits et al. (2002), o que não deve ser atribuído às dietas, pois não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 4 – Efeito do nível de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com 60g de óxido de cálcio/kg (FMT) sobre o consumo diário de ricina e níveis plasmáticos de gama glutamiltranspeptidase (GGT), alanina aminotransaminase (ALT) e aspartato aminotransaminase (AST) de vacas lactantes.

Item	Substituição do FS pelo FMT (da MS)				CV <sup>2</sup> (%)
	0	1/3	2/3	1	
Ricina, mg/dia <sup>1</sup>	0,00	63,25	114,40	168,87	-
Ricina, mg/kg peso corporal/dia	0,00	0,115	0,209	0,311	-
GGT, UI/L	23,75	21,50	24,22	24,09	14,8
ALT, UI/L	24,81	25,44	25,88	27,31	13,3
AST, UI/L	68,53	65,44	68,19	71,28	17,8

Médias seguidas por (\*) indicam o nível de inclusão a partir do qual se observa diferença em relação ao tratamento controle (nível zero) pelo teste de Williams (P<0,05).

<sup>1</sup> Estimado a partir da oferta de concentrado. <sup>2</sup> Coeficiente de variação

O efeito da substituição do FS pelo FMT sobre o consumo dos componentes da dieta está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Efeito do nível de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg (FMT) sobre o consumo diário de vacas em lactação

Item <sup>1</sup>	Substituição do FS pelo FMT (da MS)				CV <sup>2</sup> (%)
	0	1/3	2/3	1	
	----- kg/dia -----				
MS total	16,41	17,20	15,73*	15,20	6,3
MO	15,27	15,88	15,40	13,79*	6,3
PB	2,67	2,75	2,47*	2,43	7,8
PDR	1,49	1,62	1,54	1,54	-
PNDR	1,18	1,13	0,93	0,89	-
EE	0,40	0,42	0,41	0,40	5,8
FDN <sub>cp</sub>	6,40	7,01*	6,66	6,52	6,9
CNF	5,79	5,70	4,87*	4,45	7,2
FDN <sub>i</sub>	2,66	3,21*	3,22	3,33	8,1
	--- % do peso corporal ---				
MS	3,03	3,17	2,91*	2,83	6,4
FDN <sub>i</sub>	0,49	0,59*	0,6	0,62	7,7
FDN <sub>cp</sub>	1,19	1,29*	1,23	1,22	7,2

Médias seguidas por (\*) indicam o nível de inclusão a partir do qual se observa diferença em relação ao tratamento controle (nível zero) pelo teste de Williams ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>MS = Matéria seca; MO = Matéria orgânica; PB = Proteína Bruta; PDR = Proteína degradável no rúmen; PNDR = Proteína não degradável no rúmen; EE = Extrato Etéreo; FDN<sub>cp</sub> = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = Carboidratos não-fibrosos; FDN<sub>i</sub> = FDN indigestível

<sup>2</sup>Coefficiente de variação.

O consumo de MS foi reduzido ( $P < 0,05$ ) a partir de 2/3 de substituição. A redução do consumo de MS pode estar associada ao maior teor de FDN e consumo de FDN ( $P < 0,05$ ) e, principalmente, à maior fração indigestível da FDN do FMT em relação ao FS, parcialmente decorrente do alto teor de cutina do FMT (Tabela 2). Basicamente, a ampliação da fração indigestível da FDN pode ter ampliado o efeito de repleção ruminal uma vez que o desaparecimento desta fração é afetado apenas pela passagem, enquanto o desaparecimento da fração potencialmente digestível da FDN é afetado pela passagem e digestão (Allen & Mertens, 1988).

Os consumos de PB e CNF também reduziram ( $P < 0,05$ ) a partir de 2/3 de substituição, devido à redução do consumo de MS e redução do teor na dieta (somente para CNF). O consumo de proteína não degradável no rúmen (PNDR) reduziu. A aparente ausência de efeito sobre o consumo de PDR deve-se ao aumento do teor de PDR na dieta (Tabela 3), o que compensou a redução do consumo de MS. Conforme discutido anteriormente, apesar da degradabilidade ruminal do FMT ser menor que a do FS (Oliveira, 2008), o incremento no teor de PDR na dieta com a substituição do FS pelo FMT ocorreu devido ao aumento da inclusão da mistura uréia e sulfato de amônio (Tabela 1).

O efeito da substituição do FS pelo FMT sobre a digestibilidade e consumo dos componentes digeridos da dieta está apresentado na Tabela 6. Apesar da digestibilidade de todos os componentes da dieta avaliados, exceto EE, e do teor de NDT terem reduzido ( $P < 0,05$ ) a partir de 1/3 de substituição do FS pelo FMT, os consumos de MS, MO, PB, FDNcp e CNF digeridos e de NDT somente foram reduzidos ( $P > 0,05$ ) a partir de 2/3.

A redução da digestibilidade da PB provavelmente ocorreu devido ao aumento das frações de NIDN e NIDA da dieta, bem como devido à redução do consumo de PB, o que aumentou a participação da fração metabólica fecal (Van Soest, 1994). A redução da digestibilidade da FDNcp ocorreu devido à ampliação do teor de lignina e principalmente, cutina, com a substituição do FS pelo FMT. A redução da digestibilidade dos CNF, por sua vez, ocorreu devido à redução do consumo de CNF, que à semelhança do componente PB, aumentou a participação da fração metabólica fecal.



Tabela 6 – Efeito do nível de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg (FMT) sobre a digestibilidade total de componentes da dieta, teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta e sobre o consumo diário dos componentes digeridos de vacas em lactação

Itens <sup>1</sup>	Substituição do FS pelo FMT (da MS)				CV <sup>2</sup> (%)
	0	1/3	2/3	1	
--- Digestibilidade, % ---					
MS	67,30	64,50*	62,33	59,22	5,1
MO	69,13	66,51*	64,13	60,93	4,8
EE	87,28	89,47*	94,15	93,83	6,5
PB	71,06	68,32*	68,85	67,10	5,6
FDN <sub>cp</sub>	57,62	54,82*	51,66	47,46	8,5
CNF	79,70	77,98*	75,94	73,59	2,9
NDT (% da MS)	67,06	64,26*	61,85	58,44	4,7
--- Consumo de componentes digeridos (kg/dia) ---					
MS	11,04	11,09	9,80*	9,00	7,1
MO	10,56	10,56	9,88*	8,40	6,8
PB	1,90	1,88	1,70*	1,63	9,9
EE	0,35	0,38	0,39	0,38	10,5
FDN <sub>cp</sub>	3,69	3,84	3,44*	3,09	9,1
CNF	4,61	4,44	3,70*	3,27	7,4
NDT	10,99	11,01	9,71*	8,84	6,8

Médias seguidas por (\*) indicam o nível de inclusão a partir do qual se observa diferença em relação ao tratamento controle (nível zero) pelo teste de Williams ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>MS = Matéria seca; MO = Matéria orgânica; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN<sub>cp</sub> = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = Carboidratos não-fibrosos.

<sup>2</sup>Coefficiente de variação.

Na Tabela 7 encontram-se os valores estimados de exigências diárias de PB e NDT para vacas lactantes com peso corporal médio de 540 kg, produção média diária de 25 kg/dia, com 3,5% de gordura e com 20 semanas de lactação, segundo o NRC (2001). O consumo de NDT atendeu as exigências estimadas apenas para as dietas com 0 e 1/3 de substituição do FS pelo FMT. Para as demais dietas (2/3 e 1 de substituição) houve deficiências de 6,7 e 15,1% em relação à exigência de NDT. Considerando a exigência de

315 gramas de NDT/kg de leite produzido com 3,5% de gordura (NRC, 2001), a diferença no consumo de NDT entre a dieta com 0 e 2/3 ou 1 de substituição seria suficiente para reduzir a produção de leite em 4,1 e 6,8 kg/dia.

Tabela 7- Valores observados e exigências de proteína bruta (PB), proteína degradada no rúmen (PDR), proteína não degradada no rúmen e nutrientes digestíveis totais (NDT) segundo o NRC (2001), de vacas lactantes com 540 kg de peso corporal, com 20 semanas de lactação, produzindo 25 kg/dia com 3,5% de gordura e 3,0% de proteína, com ganho de massa corporal de 0,20 kg/dia

Itens	Exigências	Substituição do FS pelo FMT (da MS) <sup>1</sup>			
		0	1/3	2/3	1
PB (kg/dia)	2,44	2,67	2,75	2,47	2,43
Diferença		0,23	0,31	0,03	-0,01
NDT (kg/dia)	10,41	10,99	11,01	9,71	8,84
Diferença		0,58	0,60	-0,70	-1,57

<sup>1</sup>FS = farelo de soja; FMT = farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg, conforme Oliveira (2008).

O efeito da substituição do FS pelo FMT sobre as excreções urinárias de derivados de purina, estimativa de síntese e eficiência de síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen está apresentado na Tabela 8. A excreção urinária dos derivados de purina e a síntese de N microbiano no rúmen reduziram ( $P < 0,05$ ) com a substituição total do FS pelo FMT.

A redução da síntese de N microbiano, bem como da eficiência de utilização da PDR parece ser devida à menor disponibilidade de carboidratos digestíveis (CNF e FDN) com a substituição do FS pelo FMT, os quais são essenciais para disponibilizar energia e esqueleto de carbono para o crescimento microbiano (NRC, 2001; Bach et al., 2005).

Tabela 8 - Efeito do nível de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg (FMT) sobre as excreções diárias de derivados de purina, síntese e eficiência de síntese de compostos nitrogenados (N) microbianos no rúmen de vacas em lactação

Item	Substituição do FS pelo FMT (da MS)				CV <sup>2</sup> (%)
	0	1/3	2/3	1	
Excreção urinária					
Alantoína, mmol/d	286,75	286,60	265,30	229,39*	17,1
Ácido úrico, mmol/d	30,70	31,05	27,46*	24,10	16,1
Alantoína no leite, mmol/d	2,14	2,12	1,64	2,36	40,4
Derivados de purinas total excretados, mmol/d	319,59	319,67	294,40	255,85*	16,1
Purinas absorvidas, mmol/d	308,43	308,25	278,98	233,98*	19,9
Fluxo de N microbiano, g/d	224,24	224,11	202,83	170,12*	19,9
Fluxo de proteína bruta (PB) microbiana, g/d	1401,50	1400,69	1267,69	1063,25*	19,9
g PBmic/kg consumo de NDT	127,53	127,22	130,56	120,28	17,4
g PBmic/g de PDR ingerida	0,881	0,819	0,792	0,656	-

Médias seguidas por (\*) indicam o nível de inclusão a partir do qual se observa diferença em relação ao tratamento controle (nível zero) pelo teste de Williams ( $P < 0,05$ ).

<sup>2</sup> Coeficiente de variação (CV).

Verificou-se que o valor fixo de eficiência de utilização da PDR para síntese de N microbiano ruminal utilizado pelo NRC (2001) e sugerido por Bach et al. (2005), de 0,85 (desconsiderando a fração de N endógeno) foi maior do que o valor encontrado para as dietas com 2/3 e 1 de substituição do FS pelo FMT. Este resultado demonstra limitações para a adoção de valores fixos de eficiência de utilização, principalmente em condições de fornecimento limitado de carboidratos digestíveis no rúmen. Por outro lado, considerando as dietas com 0 e 1/3 de substituição do FS pelo FMT, o valor médio observado de 0,85 foi semelhante ao adotado pelo NRC (2001), demonstrando que para dietas com suprimento adequado de carboidratos digestíveis, o valor fixo utilizado pelo NRC (2001) parece ser adequado.

A eficiência de utilização da energia disponível para síntese de N microbiano ruminal não foi afetada ( $P > 0,05$ ) pela substituição do FS pelo FMT, pois como a

disponibilidade de N ruminal (consumo de PDR) foi mantida constante, segundo o NRC (2001), pode-se explicar em virtude da eficiência de utilização da energia disponível para o crescimento microbiano ruminal ser pouco afetada pelo consumo de energia disponível, quando a disponibilidade de N ruminal é mantida constante. Salienta-se que os valores fixos de 130 e 120 gramas de PB microbiana/kg de NDT consumido, sugeridos pelo NRC (2001) e por Valadares Filho et al. (2006) para condições tropicais, encontraram-se dentro do intervalo de confiança (IC) obtido a partir dos valores observados [ $IC(\mu)95\% = 126,39 \pm 7,46$ ], indicando que ambos os valores podem ser utilizados para predição da síntese de PB microbiana ruminal.

O efeito da substituição do FS pelo FMT sobre a produção de leite (PL), composição do leite e eficiência alimentar está apresentado na Tabela 9.

A PL, PL corrigida para 3,5% de gordura, os teores de PB e estrato seco desengordurado do leite reduziram ( $P < 0,05$ ) a partir de 2/3 de substituição do FS pelo FMT. Porém, a eficiência alimentar (consumo de MS/PL) não foi afetada ( $P > 0,05$ ), pois a redução no consumo de MS foi acompanhada pela redução da PLC.

A redução da PL e PLC ocorreu provavelmente devido à redução no consumo de matéria seca e de NDT. A redução do teor de PB do leite pode ter sido causada pela diminuição da síntese de N microbiano ruminal, o que levou à redução do fluxo de aminoácidos para a glândula mamária. Além disso, a redução do fluxo de glicose na glândula mamária, decorrente da redução do consumo de carboidratos digestíveis, também pode ter contribuído para a depressão do teor de PB do leite, pois as células secretoras da glândula mamária utilizam, principalmente, o catabolismo da glicose para provimento de energia necessária para os processos de captura de aminoácidos, síntese e transporte de proteínas lácteas (Fonseca, 1995; Mackle et al., 2000).

Tabela 9 – Efeito do nível de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg (FMT) sobre a produção e composição do leite e eficiência alimentar de vacas em lactação

Item	Substituição do FS pelo FMT (da MS)				CV <sup>1</sup> (%)
	0	1/3	2/3	1	
Leite, kg/d	20,82	21,22	19,15*	18,81	7,6
Leite com 3,5% gordura (PLC), kg/d	21,11	21,71	19,28*	18,78	7,7
Lactose, %	4,50	4,56	4,56	4,51	1,7
Proteína bruta, %	3,14	3,09	2,96*	2,88	2,7
Gordura, %	3,71	3,70	3,61	3,58	6,7
Proteína:gordura	0,85	0,84	0,82	0,80*	7,3
Etrato seco total, %	12,41	12,42	12,10	11,94	2,7
Etrato seco desengordurado, %	8,66	8,65	8,50*	8,36	1,4
Consumo de MS/PL	0,79	0,81	0,82	0,81	9,1

Médias seguidas por (\*) indicam o nível de inclusão a partir do qual se observa diferença em relação ao tratamento controle (nível zero) pelo teste de Williams ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Coeficiente de variação (CV).

A variação de peso corporal reduziu ( $P < 0,05$ ) a partir de 2/3 de substituição, apresentando valores médios de 0,65, 0,67, 0,20 e -0,23 kg/dia, para as proporções de 0, 1/3, 2/3 e 1 de substituição do FS pelo FMT.

O efeito da substituição do FS pelo FMT sobre a concentração de nitrogênio uréico no plasma (NUP), excreção urinária de compostos nitrogenados (N) e balanço de N está apresentado na Tabela 10. A concentração de NUP aumentou ( $P < 0,05$ ) a partir de 1/3 de substituição devido à ampliação da fração de NNP na dieta (Tabela 3). Porém, os valores de NUP encontram-se dentro da faixa considerada adequada de balanceamento de energia e proteína, de 10 a 17 mg/dL (Broderick, 1995; Moore & Varga, 1996; Jonker et al., 1998; Ferguson, 2001).

Tabela 10 – Efeito do nível de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg (FMT) sobre a concentração de nitrogênio uréico no plasma (NUP), excreção urinária de compostos nitrogenados (N) e balanço de N de vacas em lactação

Item	Substituição do FS pelo FMT (da MS)				CV <sup>1</sup> (%)
	0	1/3	2/3	1	
NUP, mg/dL	13,15	16,38*	15,37	17,40	17,2
Excreção urinária					
N, g/d	129,20	131,46	123,07	126,02	14,3
N-uréia, g/d	91,68	92,84	89,24	100,48	15,9
N-uréia/N, %	70,96	70,62	72,51	79,73*	8,6
N ingerido, g/d	427,20	440,0	395,20*	388,80	7,5
N no leite, g/d	104,60	104,91	90,69*	86,68	7,6
N nas fezes, g/d	121,60	136,00	121,60	129,60	12,5
Balanço de N, g/d	71,80	67,63	59,84	46,50*	43,3
N no leite, % do N ingerido	24,48	23,72	22,95*	22,29	7,6
N nas fezes, % do N ingerido	28,46	30,91	30,77	33,33*	12,5
N na urina, % do N ingerido	30,24	29,88	31,14	32,41	14,3
Balanço de N, % do N ingerido	16,81	15,37	15,14	11,96	39,7

Médias seguidas por (\*) indicam o nível de inclusão a partir do qual se observa diferença em relação ao tratamento controle (nível zero) pelo teste de Williams ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Coeficiente de variação (CV).

A excreção urinária de N-uréico aumentou ( $P < 0,05$ ) com a substituição total do FS pelo FMT, devido ao aumento da fração de NNP. A eficiência de utilização do N ingerido para a produção de N no leite reduziu ( $P < 0,05$ ) a partir de 2/3 de substituição do FS pelo FMT, devido à menor eficiência de assimilação do N disponível no rúmen (PDR) para a síntese de N microbiano. Apesar de não ter sido verificado efeito ( $P > 0,05$ ) para o balanço de N (BN), a substituição total do FS pelo FMT reduziu em 29% o BN em relação ao consumo de N. Contudo, salienta-se que não ocorreu valor negativo médio para o BN em nenhuma das proporções de substituição do FS pelo FMT, indicando que o consumo de N permitiu atender as exigências de N.

## **Conclusões**

O farelo de mamona tratado com 60 gramas de óxido de cálcio/kg (base da matéria natural) pode substituir até 1/3 (5% de inclusão na MS da dieta, correspondendo a 0,860 kg de MS de farelo) do farelo de soja em dietas para vacas leiteiras com produção média de 25 kg de leite/dia, sem afetar o desempenho produtivo dos animais e a eficiência de utilização de compostos nitrogenados da dieta. O tratamento alcalino utilizando 60 gramas de óxido de cálcio por kg de farelo de mamona é eficaz para inativar a ricina.

## Literatura Citada

- ALLEN, M.S.; MERTENS, D.R. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. **Journal of Nutrition**, v.118, p.261-270, 1988.
- ARMIÉN, A.G.; D'ANGELIS, F.H.F.; TOKARNIA, C.H. Intoxicação experimental pelas sementes de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) em ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.16, n.4, p.99-106, 1996.
- ASLANI, M.R.; MALEKI, M.; MOHRI, M. et al. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. **Toxicon**, v.49, n.1, p.400-406, 2007.
- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.88, Suppl. E., p.9-21, 2005.
- BORCHERS, R. Castor bean meal. Part 1: Destruction of the toxic factor. **Poultry Science**, v.28, p.568-570, 1949.
- BRODERICK, G.A. Use of milk urea as an indicator of nitrogen utilization in lactating dairy cows. USDA. Agriculture Research Service. US Dairy Forage Research Center, 1995. **Research Summaries**, 122p.
- 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.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. INTERNATIONAL FEED RESEARCH UNIT. Rowett Research Institute. Aberdeen, UK. (occasional publication). 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M.L., VALADARES FILHO, S.C., VALADARES, R.F.D. et al. Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. **Livestock Science**, v.113, p.218-225. 2008.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Digestibilidade dos compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido em bovinos manejados em pastagens de capim braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1463-1468, 2006.
- DINIZ, L.L. **Desempenho e avaliação nutricional de dietas contendo farelo de mamona para bovinos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Viçosa: UFV, 2009. 83p.



- ENDO, Y.; TSURUGI, K. The RNA N-glycosidase activity of Ricin A-chain. **The Journal of Biological Chemistry**. v.263, p.8735-8739, 1988.
- FERGUSON, J.D. Milk urea nitrogen. Center for Animal Health and Productivity, 2001, [http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/mun\\_info.html](http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/mun_info.html) (10-01-2009).
- FONSECA, F.A. **Fisiologia da lactação**. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Viçosa-MG: UFV. 1995. 137p.
- GARDNER JR., H.K.; D'AQUIN, E.L.; KOULTUN, S.P. et al. Detoxification and deallergenization of Castor Beans. **The Journal of the American Oil Chemists Society**, v.37, p.142-148, 1960.
- GONZÁLEZ-RONQUILLO, M.; BALCELLS, J.; GUADA, J.A.; et al. Purine derivative excretion in dairy cows: Endogenous excretion and the effect of exogenous nucleic acid supply. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.4, p.1282-1291, 2003.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. University of Florida, 2000. P.A-25 (Bulletin 339, April-2000).
- HENRIQUES, L.T.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C. et al. Frações dos compostos nitrogenados associados à parede celular em forragens tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.258-263, 2007.
- IDF – INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Whole milk. Determination of milkfat, protein and lactose content Guide for the operation of mid-infra-red instruments**. Bruxelas: 1996. 12p. (IDF Standard 141 B).
- JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; ERDMAN, R.A. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2681-2692, 1998.
- KIM, B.K. Effects of oil milling steps on residual toxin and antigen activities of castor bean. **Food Science and Biotechnology**, v.10, p.305-310, 2001.
- KODRAS RUDOLPH, C.K.; WHITEHAIR, R.M. Studies on the detoxification of castor seed pomace. **Journal of the American Oil Chemistry Society**. v.26, p.641-644, 1949.
- KUMAR, O.; SUGENDRAN, K.; VIJAYARAGHAVAN, R. Oxidative stress associated hepatic and renal toxicity induced by ricin in mice. **Toxicon**, v.41, p.333-338, 2003.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

- LAEMMLI, U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of head of bacteriophage T4. **Nature**, v.227, p.680-685, 1970.
- MACKLE, T.R.; DWYER, D.A.; INGVARTSEN, K.L. Effects of insulin and postruminal supply of protein on use of amino acids by the mammary gland for milk protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.93-105, 2000.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MOORE, D.A.; VARGA, G. BUN and MUN: Urea nitrogen testing in dairy cattle. **Compendium Continuing Education Veterinary**, v.18, n.6, p.712-721, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- OLIVEIRA, A.S. **Co-produtos da extração de óleo de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Viçosa: UFV, 2008. 166p.
- OLSNES, S.; REFSNES, K.; PIHL, A. Mechanism of action of the toxic lectins abrin and ricin. **Nature**, v.249, p.627-631, 1974.
- RADOSTITIS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C. et al. **Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos**. 9 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan., 2002, 1737p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- SKLAN, D.; ASHKENAZI, R.; BRAUN, A. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2463-2472, 1992.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT user's guide**. v.2, 4.ed. Cary: 1989. 846p.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE**. 1.ed. – Viçosa : UFV, DZO, 2006, 142p.

- VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.D.F. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: II SINLEITE – SIMPÓSIO INTERNACIONAL: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO. Lavras. **Anais...** p.229-247, 2001.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal Agriculture Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- WALLER, G.R.; NEGI, S.S. Isolation of ricin, ricinine, and the allergenic fraction from castor seed pomace from two different sources. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.35, p.409-412, 1958.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.
- WILLIAMS, D.A. A test for differences between treatment means when several dose levels are compared with a zero dose control. **Biometrics**, v.27, p.103-117, 1971.