

AMANDA VASCONCELOS GUIMARÃES

DESEMPENHO DE NOVILHAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM FARELO DE
MAMONA E VALOR ENERGÉTICO DO FARELO E TORTA DE MAMONA

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

AMANDA VASCONCELOS GUIMARÃES

DESEMPENHO DE NOVILHAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA E VALOR ENERGÉTICO DO FARELO E TORTA DE MAMONA

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: 08 de julho de 2010.

Prof. Sebastião de C. Valadares Filho
(Coorientador)

Prof. Rogério de Paula Lana

Prof. Marcelo de Andrade Ferreira

Prof^a. Rilene Ferreira Diniz Valadares

Prof. José Maurício de Souza Campos
(Orientador)

“Não encontre defeitos, encontre soluções”.
Henry Ford

Aos meus amados pais Denise e Waldeque,
Ao meu querido irmãos Moisés,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, a vida e as oportunidades durante esta jornada.

Aos meus queridos pais, pelos valores ensinados, orações e incentivo.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado em Zootecnia.

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao CNPq, pelo apoio parcial a essa pesquisa.

A Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT – CA) pelo apoio parcial a esta pesquisa.

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

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pela contribuição dada a este trabalho.

Ao Professor Edenio Detmann, pela colaboração na estatística e pelas excelentes aulas.

Ao Professor André Soares (UFMT), pelos ensinamentos recebidos, atenção prestada e contribuições para realização desse trabalho.

Ao Professor Marcelo Ferreira (UFRPE), pelos conselhos, amizade e todo ensinamento.

A Miguel Ancklin, pelo apoio, carinho, preocupação e importante participação durante esta jornada.

À minha amiga-irmã-científica Juliana Variz pela amizade, colaboração e participação durante a realização deste trabalho.

Aos Professores Rogério Lana e Marcos Marcondes, pelos esclarecimentos e disponibilidade.

A Professora Safira Bispo (UFPB) e ao Professor Márcio Vilela (IFMA), pelos esclarecimentos e por estarem sempre na torcida.

Aos estagiários: Thiago, Marcella, Cleomar, Talita Batista, Andreza, Carolina, Grelson, Lidiane, Bruna, Ligia, Gesilene, Pablyo, Roberta e Thalita Evani, por toda dedicação e apoio fundamental.

Aos funcionários da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite e aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal e da Zootecnia, em especial ao

Monteiro, Plínio, Valmir, Wellington, Mário, Natanael e Fernando, pela receptividade e apoio durante as análises laboratoriais.

Aos estagiários do Convênio Nestlé, pela ajuda no experimento.

Aos contemporâneos de pós-graduação que de alguma forma colaboram, Anilza, Cássia Vellasco, Daiany, Lívia, Daniel, Elias, Mateus Pies e Ricardo Botero, obrigada pelos bons momentos e ensinamentos, e também ao Flávio, Fabrício, João Gabriel, Júlio e Jurandir, pela ajuda nas noites de comportamento.

A minha família, e em especial ao meu irmão e aos meus tios, Miriam e Daniel, pelo apoio e por estarem sempre torcendo pelo meu crescimento profissional.

A família Bezerra, em especial a Alcilene, maior incentivadora, e maior apoio no início desta jornada.

As amigas, Carol Arribas, Edleuza, Caroline Dafne, Anna Fotius e Núbia Vieira, pelo incentivo e mesmo longe, sempre estiveram presentes.

As amigas, Juliana, Patrícia Variz, Viviane, Francianny, Alessandra, Paula, Patrícia, Carla, Joanna, Emília e ao amigo Paulo, pelo bom convívio, companheirismo, cumplicidade, risadas e por todos os momentos maravilhosos que vivemos.

Obrigada a todos que colaboraram e oraram para que este sonho tornasse realidade.

BIOGRAFIA

Amanda Vasconcelos Guimarães, filha de Denise Vasconcelos Guimarães e Waldeque Guimarães Silva, nasceu em Recife, estado de Pernambuco, em 20 de agosto de 1981.

Em agosto de 2003, ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), colando grau em 18 de julho de 2008.

Em agosto 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 8 de julho de 2010.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	X
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	8
CAPÍTULO 1 – Desempenho de novilhas leiteiras alimentadas com farelo de mamona	10
Resumo.....	10
Abstract.....	12
Introdução.....	13
Material e Métodos.....	15
Resultados e Discussão.....	23
Conclusões.....	34
Literatura citada.....	34
CAPÍTULO 2 – Valor energético do farelo e da torta de mamona	38
Resumo.....	38
Abstract.....	39
Introdução.....	40
Material e Métodos.....	43
Resultados e Discussão.....	48
Conclusões.....	52
Literatura citada.....	52
CONCLUSÕES GERAIS	54

RESUMO

GUIMARÃES, Amanda Vasconcelos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Desempenho de novilhas leiteiras alimentadas com farelo de mamona e valor energético do farelo e torta de mamona.** Orientador: José Maurício de Souza Campos. Co-orientadores: Edenio Detmann e Sebastião de Campos Valadares Filho.

A crescente busca por alternativas que promovam a sustentabilidade da unidade de produção, definidas, principalmente, pelas questões ambientais, econômicas e sociais, tornam-se alvos das atuais pesquisas. O uso da biomassa como insumo energético ganha espaço na discussão sobre o desenvolvimento de uma matriz energética mundial mais sustentável. 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 gerar emprego e renda e minorar disparidades econômicas regionais através da inclusão de agricultores familiares, especialmente os do Norte e Nordeste do Brasil. Esta dissertação foi elaborada a partir de dois experimentos. **No primeiro experimento** objetivou-se avaliar o efeito da substituição da mistura farelo de soja (FS) + farelo de trigo (FT) (72,6%:27,4%, base da matéria seca) pelo farelo de mamona tratado (FMT): 0,0; 33,3; 66,7 e 100%, base da matéria seca do concentrado, sobre o consumo, a digestibilidade, o desempenho produtivo e o metabolismo de compostos nitrogenados (N) em novilhas leiteiras. 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 20 novilhas da raça Holandesa, distribuídas em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, sendo cada animal considerado uma unidade experimental e os blocos formados de acordo com o peso inicial dos animais. Os animais receberam 2 kg de ração na base da matéria natural, o que correspondeu ao fornecimento de dietas isonitrogenadas contendo 32,48% de concentrado (base da MS). Utilizou-se silagem de milho como fonte exclusiva de volumoso. Adotou-se os seguintes contrastes: efeito linear, quadrático e cúbico para os níveis de substituição da mistura farelo de soja e farelo de trigo pelo

farelo de mamona tratado. 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 inclusão do farelo de mamona tratado em substituição à mistura farelo de soja mais farelo de trigo aumentou a oferta de ricina (valor máximo de 80,70 mg de ricina/dia em 100% de substituição da mistura). Contudo, não foram verificados sintomas clínicos de intoxicação por ricina, bem como efeitos sobre os níveis séricos das enzimas hepáticas gama glutamiltranspeptidase, alanina aminotransaminase e aspartato aminotransaminase ($P>0,05$). O consumo de MS e dos demais nutrientes, exceto carboidratos não fibrosos (CNF), não foram afetados ($P>0,05$) pela substituição, enquanto o consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em % do peso corporal (FDN_{cp} %PC) aumentou ($P<0,05$) a partir de 66,7% de substituição do FS e FT pelo FMT. A digestibilidade de todos os nutrientes e o consumo de nutrientes digeridos, exceto do EE e PB, teve efeito linear decrescente ($P<0,05$) do nível de substituição do FS e FT pelo FMT. Apesar da redução do consumo de energia digestível, a eficiência de utilização de NDT para síntese de N microbiano no rúmen não foi afetada com a substituição total do FS e FT pelo FMT. O ganho médio diário e o crescimento corporal não foram afetados ($P>0,05$) pela substituição do FS e FT pelo FMT. Conclui-se que o FMT pode substituir totalmente a mistura FS e FT para novilhas leiteiras em crescimento com ganhos médios diários de 800 g/dia. **No segundo experimento** objetivou-se avaliar o valor energético do farelo e da torta de mamona. Para tal, foram utilizados oito novilhos leiteiros. O delineamento experimental foi reversão simples, com quatro repetições. As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas. A silagem de milho, o farelo de mamona tratado e a torta de mamona tratada apresentaram valores NDT de 63,36; 41,80 e 41,96, respectivamente.

ABSTRACT

GUIMARÃES, Amanda Vasconcelos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2010. **Performance of dairy heifers fed with castor meal and energy value of the bran and castor bean.** Adviser: José Maurício de Souza Campos. Co-advisers: Edenio Detmann and Sebastião de Campos Valadares Filho.

The growing search for alternatives that promote the sustainability of the production unit, defined principally by environmental, economic and social, become targets of current research. The use of biomass as an energy gaining ground in the discussion on developing a more sustainable world energy grid. The growth in the share of biodiesel in the world energy grid has increased the interest in the cultivation and processing of oil, creating opportunities for the production of ruminant by the possibility of using co-products resulting from the extraction of oil from these oil seeds. Castor bean (*Ricinus communis* L.) is a traditional crop of the semi-arid, and is distinguished by the potential to generate employment and income and reduce regional economic disparities through the inclusion of family farmers, especially the North and Northeast of Brazil. This essay was drawn from two experiments. **In the first experiment** aimed to evaluate the effect of replacing the mixture of soybean meal (SBM) + wheat bran (WB) (72.6%: 27.4% dry matter basis) by castor meal treaty (FMT) 0.0, 33.3, 66.7 and 100% dry matter basis of concentrate on intake, digestibility, growth performance and metabolism of nitrogenous (N) in dairy heifers. The inactivation (for denaturation) of the toxin ricin in castor bean meal (FM) was performed using the solution of calcium oxide (sputtered with 90% of total oxide) at a dose of 60 grams of lime per kilogram of FM, in fed basis. We used 20 Holstein heifers were distributed in randomized block design with five replicates, each animal considered an experimental unit and the blocks formed according to the initial weight of animals. The animals received 2 kg of feed at the base of natural matter, which corresponded to the supply of isonitrogenous diets containing 32.48% concentrate (DM basis). We used corn silage as the sole source of roughage. We adopted the following contrasts: linear, quadratic and cubic for the replacement levels of mixed soybean meal and wheat bran by bran castor treaty. The concentration of ricin was reduced FM in 92.6% with alkali treatment (from 1004.6 to 73.9 mg ricin / kg DM bran). The inclusion of castor bean meal treated as a substitute for soybean meal mixture over wheat bran

increased the supply of ricin (maximum value of 80.70 mg ricin / day at 100% replacement of the mixture). However, unverified clinical symptoms of ricin poisoning and the effects on serum levels of liver enzymes gamma glutamyltranspeptidase, alanine and aspartate aminotransaminase aminotransaminase ($P > 0.05$). DM intake and other nutrients, except for non-fiber carbohydrates (NFC) were not affected ($P > 0.05$) by substitution, while the consumption of neutral detergent fiber corrected for ash and protein as% of body weight (NDFap % BW) increased ($P < 0.05$) from 66.7% substitution of SBM by FT and FMT. The digestibility of all nutrients and consumption of digestible nutrients except EE and CP had negative linear effects ($P < 0.05$) the replacement level of FS and FT by FMT. Despite the reduction in digestible energy intake, efficiency of use of NDT for synthesis of microbial N in the rumen was not affected with the complete replacement of SM by FT and FMT. The average daily gain and body growth were not affected ($P > 0.05$) by the substitution of FS and FT by FMT. We conclude that the FMT can replace the mixture and FS FT-growing dairy heifers with average daily gain of 800 g / day. **The second experiment** aimed to evaluate the energy value of the bran and castor bean. To this end, we used eight dairy steers. The experiment was simple reversal, with four replicates. Diets were formulated to be isonitrogenous. Corn silage, bran and castor oil treated castor bean were treated TDN values of 63.36, 41.80 and 41.96, respectively.

INTRODUÇÃO GERAL

A cadeia agro-industrial do leite caracteriza-se como uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, tanto do ponto de vista social quanto econômico. A atividade leiteira está presente em todo o território nacional, desempenhando papel relevante no suprimento de alimentos, na geração de empregos e renda de muitas famílias de trabalhadores rurais.

O aumento do custo da ração exerce pressão significativa sobre a rentabilidade dos sistemas de produção de leite no Brasil. Assim, a busca por alternativas que promovam a sustentabilidade da unidade de produção, definidas, principalmente, pelas questões ambientais, econômicas e sociais, tornam-se alvos das atuais pesquisas.

Com a recente perspectiva de esgotamento das reservas de fontes energéticas de origem fóssil, o uso da biomassa como insumo energético, ganha espaço na discussão sobre o desenvolvimento de uma matriz energética mundial mais sustentável. Pesquisas apontam a utilização de combustíveis derivados da biomassa agrícola, tais como o etanol e biodiesel, como alternativa promissora e com participação crescente na matriz energética mundial.

Em 2004, o governo brasileiro criou o Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB) a fim de promover a produção nacional de biodiesel, gerar emprego e renda e minorar disparidades econômicas regionais através da inclusão de agricultores familiares, especialmente os do Norte e Nordeste do Brasil.

Levando-se em conta as restrições na oferta de óleo em cada mercado, a demanda mundial crescente por óleo para uso alimentar impulsionou, muito antes do surgimento da demanda da indústria de biodiesel, o crescimento da produção de oleaginosas com teor de óleo mais elevado que a soja. Assim, a demanda interna de óleos vegetais cria incentivos de mercado que, naturalmente impulsionam a produção de oleaginosas adaptadas às

condições edafoclimáticas de cada região, gerando uma significativa oferta de farelos e tortas, obtidos após a extração do óleo de sementes de oleaginosas, potenciais para a produção de carne e leite.

O desenvolvimento do sistema de integração pecuária e agroenergia pode incrementar a produtividade com medidas efetivas de preservação ambiental e a expansão sustentável dessas cadeias. Apesar da diversidade de matérias-primas que podem potencialmente ser usadas para produzir o biodiesel, a mamona (*Ricinus communis* L.) constitui em uma das principais culturas de sequeiro mais rentável entre as grandes culturas, em certas regiões do semiárido nordestino, dada a infra-estrutura atual e os volumes de produção. No entanto, esta cultura não é exclusiva da região semi-árida, sendo também plantada com excelentes resultados em diversas regiões do país (EMBRAPA ALGODÃO, 2008).

A semente da mamona é cultivada em zonas temperadas e tropicais do mundo e o óleo é uma matéria prima de grande demanda pela indústria farmacêutica e química (Anandan et al., 2005).

O farelo de mamona diferencia-se 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 maior teor de proteína bruta (PB) (Evangelista et al., 2004); essa maior eficiência industrial do processo de extração de óleo com solventes resulta em maior oferta de farelo (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).

Na alimentação animal, o uso é limitado pela presença da ricina e princípios alergênicos, bem como a carência tecnológica que propicie a obtenção de alimento

seguro com preços competitivos, em escala industrial, que tem impedido a sua adoção na alimentação animal.

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), o principal uso deste produto ainda tem sido como adubo orgânico e controlador de nematóides, que é um produto com baixo valor agregado se comparado com a sua aplicação como alimento 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 e farelo (Gaillard & 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 & 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 & 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. 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). Em razão da elevada oferta de “Lex Protéico”, nas décadas de 1960 e 1970, foram desenvolvidos alguns 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 totalmente 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, período que coincidiu com o declínio da produção de mamona no país. Provavelmente, a diminuição das pesquisas deve-se ao fato da torta de mamona destoxicada ter se tornado pouco competitiva frente ao farelo de algodão, que estava 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).

No Brasil, Oliveira et al. (2007) compararam a eficácia de destoxicação da ricina do farelo de mamona por meio dos seguintes tratamentos: hidróxido de cálcio (20, 40 ou 60 g/kg, diluído ou não em água), 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 foi observada para 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. Segundo esses autores, a utilização do

tratamento alcalino apresentou maior potencial de melhoria no valor nutritivo do farelo de mamona em relação ao térmico.

Ao avaliar o desempenho produtivo de novilhas nelore e mestiças sob pastejo no período de transição seca-águas, recebendo suplementos múltiplos com substituição parcial ou total do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com óxido de cálcio, Barros (2010) não verificou efeito do nível de inclusão do farelo de mamona sobre o ganho de peso dos animais, que foi em média 493,9 g/dia, quando 100% do farelo de soja foi substituído por farelo mamona tratado.

Diniz (2009), utilizando bovinos de corte em condições de confinamento, avaliou o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com cal ou não tratado na alimentação dos animais e sobre as características de carcaça. Não houve efeito da substituição para o desempenho e os rendimentos de carcaça. A autora concluiu que o farelo de mamona tratado com 6% de cal pode substituir totalmente o farelo de soja em dietas para bovinos em terminação.

Costa (2010), verificou em estudo com vacas lactantes, que a utilização do farelo de mamona tratado pode substituir até 1/3 do farelo de soja, cerca de 0,860 kg de MS de farelo, em dietas para vacas com produção média de 25 kg de leite/dia, sem afetar a produção de leite dos animais e a eficiência de utilização de compostos nitrogenados da dieta.

É possível que o farelo de mamona destoxificado substitua satisfatoriamente o farelo de soja até certo nível para animais de maior potencial, a partir do qual seria requerido não só um percentual total de proteína bruta na ração, mas também um equilíbrio entre proteína degradável no rúmen e não degradável no rúmen e nutrientes digestíveis totais, momento a partir do qual pode ter efeito adverso quando a substituição do farelo de soja em maiores níveis.

Estudos indicam que, em termos quantitativos e qualitativos, o farelo de mamona tratado deve ser utilizado em proporções diferentes da soja nas rações, pois promovem efeitos variados sobre a produção animal, sendo mais ou menos adequados a diferentes criações e fases de crescimento.

O grande interesse em substituir o farelo de soja, tradicional fonte de proteína na dieta de bovinos leiteiros, deve-se principalmente, por se tratar de uma *commoditie* agrícola, sendo seu preço influenciado pelas variações que ocorrem no mercado internacional, limitando sua utilização nas dietas, sem uma correspondente compensação no preço do leite. Dessa forma, há crescente interesse de profissionais na formulação de rações e suplementos protéicos ideais para aumento da produção, a menores custos, incorporando co-produtos e subprodutos da agroindústria.

Diante do exposto, verifica-se a necessidade de estudos sobre a viabilidade econômica e operacional em escala de produção, que impede, até o momento, o uso do farelo de mamona destoxicado na alimentação animal, além da necessidade de um maior aporte de informações, para maior precisão nas recomendações nutricionais para diferentes categorias animais.

Assim, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo de novilhas leiteiras em fase de crescimento, alimentadas com farelo de mamona tratado com óxido de cálcio, e a digestibilidade do farelo e torta de mamona, tratados com óxido de cálcio.

Os capítulos a seguir foram redigidos de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ).

Revisão Bibliográfica

- 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.
- 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.
- 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.
- BARROS, L.V. **Substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado com óxido de cálcio ou farelo de algodão 38% em suplementos múltiplos para novilhas de corte sob pastejo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Viçosa: UFV, 2010. 60p.
- 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
- COSTA, J.V. **Desempenho produtivo de vacas lactantes alimentadas com farelo de mamona tratado com óxido de cálcio**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Viçosa: UFV, 2010. 33p.
- 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.
- 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. **Toxicon**, 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.

CAPÍTULO 1

Desempenho de novilhas leiteiras alimentadas com farelo de mamona

Resumo – Objetivou-se avaliar o efeito da substituição da mistura farelo de farelo de soja (FS) e farelo de trigo (FT) (72,6%:27,4%, base da matéria seca) pelo farelo de mamona tratado (FMT): 0,0; 33,3; 66,7 e 100%, base da matéria seca do concentrado, sobre o consumo, a digestibilidade, o desempenho produtivo e o metabolismo de compostos nitrogenados (N) em novilhas leiteiras. 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 20 novilhas da raça Holandesa, distribuídas em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, sendo cada animal considerado uma unidade experimental e os blocos formados de acordo com o peso inicial dos animais. Os animais receberam 2 kg ração na base da matéria natural, o que correspondeu ao fornecimento de dietas isonitrogenadas contendo 32,48% de concentrado (base da MS). Utilizou-se silagem de milho como fonte exclusiva de volumoso. Adotou-se os seguintes contrastes: efeito linear, quadrático e cúbico para os níveis de substituição da mistura farelo de soja e farelo de trigo pelo farelo de mamona tratado. 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 inclusão do farelo de mamona tratado em substituição à mistura farelo de soja mais farelo de trigo aumentou a oferta de ricina (valor máximo de 80,70 mg de ricina em 100% de substituição da mistura). Contudo, não foram verificados sintomas clínicos de intoxicação por ricina, bem como efeitos sobre os níveis séricos das enzimas hepáticas gama glutamiltranspeptidase, alanina aminotransaminase e aspartato aminotransaminase ($P>0,05$). O consumo de MS e dos demais nutrientes, exceto carboidratos não fibrosos (CNF), não foram afetados ($P>0,05$) pela substituição, enquanto o consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em % do peso corporal (FDN_{cp} % PC) aumentou ($P<0,05$) a partir de 66,7% de substituição do FS e FT pelo FMT. A digestibilidade de todos os nutrientes e o consumo de nutrientes digeridos, exceto do EE e PB, teve efeito linear decrescente ($P<0,05$) do nível de substituição do FS e FT pelo FMT. Apesar da redução do consumo de energia digestível, a eficiência de utilização de NDT para síntese de N microbiano no rúmen não foi afetada com a substituição total do FS e FT pelo FMT. O ganho médio diário e o

crescimento corporal não foram afetados ($P>0,05$) pela substituição do FS e FT pelo FMT. Conclui-se que o FMT pode substituir totalmente a mistura FS e FT para novilhas leiteiras em crescimento com ganhos médios diários de 800 g/dia.

Palavras chave: biodiesel, consumo, crescimento, ganho de peso, síntese microbiana

Performance of dairy heifers fed with castor meal

Abstract – The objective was to evaluate the Effect of substitution of soy beans meal (SBM) + wheat bran (WB) (72.6%:24,7% dry matter basis) by unstripped castor meal treaty (FMT): 0.0, 33.3, 66.7 and 100% dry matter basis of the concentrate on the intake, the digestibility, the performance and metabolism of nitrogen compounds (N) in dairy heifers. 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 20 holstein frison, distributed in a randomized block design with five replicates, each animal considered an experimental unit and the blocks formed according to the initial weight of animals. The animals received concentrated feed at a ratio of 2 kg based on natural matter which corresponded to the supply of isonitrogenous diets containing 32.48% concentrate (DM basis). It used corn silage as the unique source of forage. We adopted the following contrasts: linear, quadratic and cubic for the replacement levels of mixed soybean meal and wheat bran by bran castor treaty. 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 inclusion of castor bean meal treated as a substitute for soybean meal mixture over wheat bran increased the supply of ricin (maximum value of 80.70 mg of ricin at 100% replacement of the mixture). 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 DM and other nutrients, except for non-fiber carbohydrates (NFC) were not affected ($P > 0.05$) by substitution, while the consumption of neutral detergent fiber corrected for ash and protein as % of body weight (NDFap % BW) increased ($P < 0.05$) from 66.7% substitution of SBM by FT and FMT. The digestibility of all nutrients and consumption of digestible nutrients except EE and CP had negative linear effects ($P < 0.05$) the replacement lel of FT by FMT. Despite the reduction in digestible energy intake, efficiency of use of NDT for synthesis of microbial N in the rumen were not affected with the complete replacement of SM by FT and FMT. The average daily gain and body growth were not affected ($P > 0.05$) by substitution of SM by FT and FMT. It was concluded that the FMT can replace the mixture FS and FT for growing dairy heifers with average daily gain of 800 g / day.

Introdução

A busca por alternativas que promovam a sustentabilidade da unidade de produção, definida, principalmente, pelas questões ambientais, econômicas e sociais, tornam-se alvos das atuais pesquisas. E com a recente perspectiva de esgotamento das reservas de fontes energéticas de origem fóssil, o uso da biomassa como insumo energético ganha espaço na discussão sobre o desenvolvimento de uma matriz energética mundial mais sustentável. Pesquisas apontam a utilização de combustíveis derivados da biomassa agrícola, tais como o etanol e biodiesel, como alternativa promissora e com participação crescente na matriz energética mundial.

Em 2004, o governo brasileiro criou o Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB) a fim de promover a produção nacional de biodiesel, gerar emprego e renda e minorar disparidades econômicas regionais através da inclusão de agricultores familiares, especialmente os do Norte e Nordeste do Brasil.

Apesar da diversidade de matérias-primas que podem potencialmente ser usadas para produzir o biodiesel, a mamona (*Ricinus communis* L.) constitui em uma das principais culturas de sequeiro mais rentável entre as grandes culturas, em certas regiões do semiárido nordestino, dada a infra-estrutura atual e os volumes de produção.

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).

Na alimentação animal, o uso pode ser limitado pela presença de uma potente toxina (ricina), o que reduz a competitividade em relação às outras oleaginosas (Oliveira, 2008). Soma-se a isso, a carência tecnológica que propicie a obtenção de

alimento seguro com preços competitivos, em escala industrial, têm impedido a sua adoção na alimentação animal.

Os tratamentos que possibilitam transformar o farelo de mamona num produto destoxicado foram estudados. 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). Em razão da elevada oferta de “Lex Protéico”, nas décadas de 1960 e 1970, foram desenvolvidos alguns trabalhos sobre a utilização do farelo de mamona destoxicado na alimentação de animais com resultados satisfatórios.

O procedimento de destoxificação com óxido de cálcio sugerido por Oliveira (2008) mostrou-se operacionalmente simples e com potencial de viabilidade econômica. No entanto, interesse de profissionais na formulação de rações e suplementos protéicos ideais para um aumento da produção, a menores custos, incorporando esse co-produto, exige a necessidade de estudos de validação, contemplando-se avaliação de indicadores de eficiência nutricional, de saúde e desempenho animais, ainda escassos para novilhas leiteiras em crescimento.

Assim, avaliou-se o efeito da substituição da mistura farelo de soja (FS) e farelo de trigo (FT) (72,6%:27,4%, na base da MS) nos níveis 0,0; 33,3; 66,7 e 100% na MS do concentrado, sobre a concentração sérica de enzimas hepáticas, o consumo e a digestibilidade dos componentes da dieta, o desempenho produtivo e o metabolismo de compostos nitrogenados (N) em novilhas leiteiras com ganhos médios diários de 800g/dia.

Material e Métodos

O experimento foi realizado durante o período de setembro de 2008 a abril de 2009 na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite (UEPE-GL) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa - MG.

A cidade de Viçosa está localizada na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, a 649 m de altitude, geograficamente definida pelas coordenadas de 20°45'20" de latitude sul e 45°52'40" de longitude oeste e altitude de 651 metros. O clima é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo a classificação proposta por Köppen, tendo duas estações definidas: seca, de abril a setembro, e águas, de outubro a março. A precipitação média anual é de 1.341,2 mm anuais. As médias de temperaturas máximas e mínimas são 26,1 e 14,0 °C, respectivamente (UFV, 1997b).

Foram utilizadas 20 novilhas da raça Holandesa, com idade média de 4,6 meses e peso médio inicial de 146 kg, distribuídas em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, sendo cada animal considerado uma unidade experimental e os blocos formados de acordo com o peso inicial dos animais.

As novilhas foram manejadas em baias individuais, cobertas, dotadas de comedouros individuais de concreto e bebedouros automáticos, com área total de 8,0 m², sendo 5,6 m² com piso cimentado e 2,4 m² de área para descanso, na qual foi utilizada cepilho de madeira como cama.

As rações concentradas experimentais consistiram em níveis de substituição da mistura farelo de soja (FS) e farelo de trigo (FT) (72,6%:27,4%, base da matéria seca) pelo farelo de mamona tratado (FMT): 0,0; 33,3; 66,7 e 100 (Tabela 1).

A inativação da ricina do farelo de mamona 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 de mamona 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, de forma a atender as exigências nutricionais de novilhas leiteiras com 150 kg de peso e ganhos diários de 800g de peso corporal (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 silagem de milho como fonte exclusiva de volumoso e 2,0 kg/animal/dia de ração concentrada (base da matéria natural).

A mistura de microminerais foi balanceada para atender 100% das exigências nutricionais, segundo o NRC (2001).

O experimento foi composto de 21 dias de adaptação às dietas e ao local, e três períodos experimentais de 28 dias, perfazendo um total de 84 dias de experimento para a coleta de dados e avaliação do desenvolvimento dos animais.

A alimentação foi fornecida *ad libitum* duas vezes ao dia, às 8h00 e às 16h00, na forma de mistura completa. Diariamente, foram feitas pesagens e amostragens dos alimentos fornecidos e das sobras de cada animal para estimativa do consumo de matéria seca. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a -20° C para posteriores análises químicas. Ao final de cada período de 28 dias essas amostras foram homogeneizadas para compor uma amostra composta por período e por animal.

Os animais foram pesados no início do experimento e ao final de cada período. As pesagens intermediárias serviram apenas para monitorar o desenvolvimento dos animais, uma vez que o ganho de peso total (GPT) foi estimado pela diferença entre o peso corporal final (PCf) e o peso corporal dos animais no início do experimento (PCi), após jejum de sólidos de 16 horas, sendo o ganho médio diário a razão entre o GPT e o número de dias experimentais (84).

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais ofertadas

Ingredientes	Níveis de FMT no concentrado ¹			
	0,0	33,3	66,7	100
	----- % da MS-----			
Silagem de milho	67,52	67,52	67,52	67,52
Milho grão moído	10,03	10,03	10,03	10,03
Farelo de trigo	5,52	3,68	1,84	0,00
Farelo de soja	14,62	9,74	4,87	0,00
Farelo de mamona tratado ¹	0,00	6,50	12,99	19,49
Uréia/sulfato de amônio	0,16	0,38	0,60	0,81
Mistura mineral ²	2,07	2,07	2,07	2,07
Cloreto de sódio	0,08	0,08	0,08	0,08

¹ Farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg, conforme Oliveira (2008).² 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.

No início e no final do experimento, os animais foram submetidos às medições individuais do perímetro torácico e comprimento corporal, com fita métrica, e altura da cernelha e da garupa e largura de garupa com auxílio de hipômetro. As mensurações foram feitas segundo metodologia de Hoffman (1997), com os animais em estação forçada, isto é, membros anteriores e posteriores na perpendicular sobre um piso plano, formando um paralelogramo retangular. A conversão alimentar (CA), foi obtida pela relação (CMS/GMD, em kg dia).

As amostras de fezes foram coletadas diretamente na ampola retal dos animais, do 16º ao 20º dia do segundo período experimental, seguindo os horários de coleta: 16º dia – 16h00, 17º dia – 14h00, 18º dia – 12h00, 19º dia – 10h00 e 20º dia – 8h00. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas (-20 °C) e, ao final do

período de coletas, foram secas em estufa, moídas e constituíram amostras compostas por animal, com base no peso seco ao ar.

As amostras de silagem de milho e de fezes, foram secas em estufa com ventilação forçada (60 °C/72 horas) e, juntamente com as amostras 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*.

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.

Amostras de alimentos, sobras e fezes referentes à estimativa da digestibilidade, foram incubadas em duplicata (20 mg de matéria seca/cm²) em sacos Filter bag F57 (Ankon[®]) no rúmen de uma novilha mestiça durante 264 horas como proposto por Casali et al. (2008). Após este período, o material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro para quantificação dos teores de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e seqüencialmente à extração com detergente ácido para quantificação dos teores de fibra em detergente ácido indigestível (FDAi).

A estimativa da excreção de matéria seca fecal foi obtida pela relação entre a quantidade do indicador interno FDAi e sua concentração nas fezes:

$$\text{Matéria seca fecal (g/dia)} = \frac{\text{Quantidade ingerida de FDAi (g)}}{\text{Concentração de FDAi nas fezes (\%)}} \times 100$$

As análises dos teores de matéria seca (MS), PB (nitrogênio total x 6,25), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H₂SO₄ 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_2SO_4 72% p/p, seguido de oxidação do resíduo da hidrólise com KMnO_4 e queima em mufla a 550°C , segundo descrito por Van Soest & Robertson (1985). Para análise da concentração de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras de alimentos, sobras e fezes, 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). A análise da concentração de fibra em detergente ácido (FDA) foi realizada nas amostras de alimentos, seqüencialmente à extração com o detergente neutro. As análises da 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/cm² de tecido e 100 mL de detergente/g de amostra seca ao ar. O material remanescente das análises de FDN foi submetido à análise de nitrogênio e cinza, obtendo-se assim os valores de nitrogênio e cinzas insolúveis em detergente neutro (NIDN e CIDN).

O teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína - FDNcp (% da MS) foi expresso por: $\text{FDNcp} = \text{FDN} - \text{PIDN} - \text{CIDN}$, em que o teor de proteína insolúvel em detergente neutro PIDN ($\text{NIDN} \times 6,25$); FDN (% da MS); PIDN = teor de proteína insolúvel em detergente neutro (% da FDN); CIDN = teor de cinzas insolúveis em detergente neutro (% da FDN).

Os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados segundo equação proposta por Detmann & Valadares Filho (2010), sendo: $\text{CNF} = \text{MO} - [\text{PB} - \text{PBu} + \text{Ur}] + \text{EE} + \text{FDNcp}$, em que PBu = PB oriunda da uréia (% da MS); e Ur = teor de uréia nas rações (% da MS).

A quantificação de nitrogênio não protéico (NNP) dos alimentos foi realizada segundo Licitra et al. (1996).

No 18^o e 27^o dia do segundo e terceiro período experimental, respectivamente, cerca de quatro horas após a oferta da alimentação, foram realizadas coletas de sangue por punção da veia coccígea. As amostras de sangue foram coletadas em tubos a vácuo e gel acelerador da coagulação e imediatamente centrifugadas (20 minutos a 2700 x g). O soro foi acondicionado em tubos de eppendorf e congelado a -20 °C para posterior quantificação dos teores de nitrogênio uréico e de enzimas hepáticas, gama glutamiltranspeptidase (GGT), alanina aminotransaminase (ALT) e aspartato aminotransaminase (AST), respectivamente.

Amostras *spot* de urina foram obtidas de todas as novilhas no 18^o dia do segundo período experimental, durante micção espontânea, cerca de quatro horas após a oferta da alimentação. Após a coleta, as amostras de urina foram filtradas em gaze e uma alíquota de 10 mL foi retirada e diluída imediatamente em 40 mL de H₂SO₄ (0,036N) e armazenadas a -20 °C para posterior quantificação dos teores de alantoína (AL) e ácido úrico (AU) e também foi coletada e armazenada uma alíquota de 25 mL de urina sem diluição para quantificação da creatinina, uréia e nitrogênio total. A composição dos ingredientes utilizados e dos concentrados experimentais são encontrados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 – Composição química dos ingredientes

Itens ¹	Alimentos ²				
	SM	MG	FT	FS	FMT
MS, %	24,61	88,44	88,86	87,78	90,84
MO ³	94,83	98,63	95,05	93,78	85,31
PB ³	7,96	9,01	17,90	50,63	35,74
NNP ⁴	46,46	16,07	22,42	9,40	19,94
NIDN ⁴	21,20	14,82	15,47	13,66	35,60
NIDA ⁴	10,21	0,67	2,00	1,95	6,75
EE ³	2,63	3,54	0,64	0,85	0,69
FDN	54,43	13,20	40,00	21,32	53,28
FDNcp ³	51,34	11,53	37,26	14,37	42,11
CNFcp ³	29,81	74,54	28,14	39,04	14,62
FDA ³	30,47	1,85	10,87	7,63	28,24
Lignina H ₂ SO ₄ ³	5,00	1,95	2,55	1,72	4,69
Cutina ³	2,68	0,03	1,81	0,67	21,24
FDN _i ^{3,5}	25,90	2,68	15,82	1,80	39,08
FDA _i ^{3,5}	14,48	1,19	7,18	0,40	33,56

¹ MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; NNP = nitrogênio não protéico; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE = extrato etéreo; FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDA = fibra em detergente ácido; FDN_i = FDN indigestível; FDA_i = FDA indigestível.

² % da MS; ³ % do N total; ⁴ Obtido após incubação ruminal *in situ* por 264 horas; ⁵ SM = silagem de milho; MG = milho grão moído; FT = farelo de trigo; FS = farelo de soja; FMT = farelo de mamona tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg, conforme Oliveira (2008).

Imediatamente antes das análises, as amostras de urina foram descongeladas e centrifugadas (15 minutos a 2700 x g). As concentrações de creatinina e ácido úrico na urina e de uréia na urina e no soro foram estimadas por meio do método reação de ponto final com picrato e acidificante (Creatinina Ref. 35-100 Labtest[®]), enzimático-Trinder (Ácido úrico Liqueform Ref. 73 Labtest[®]), enzimático-colorimétrico (Uréia CE Ref. 27 Labtest[®]), respectivamente. Os teores urinários de alantoína na urina foram estimados pelo método colorimétrico, conforme Chen & Gomes (1992). Os níveis séricos de GGT, ALT e AST foram avaliados pelo método cinético otimizado ultra-violeta utilizando-se kits enzimático comercial (Gama GT liquiform Labtest[®], ALT/GPT Liquiform Labtest[®] e AST/GOT liquiform Labtest[®]).

Tabela 3 – Composição química média dos concentrados

Itens ¹	Níveis de FMT no concentrado			
	0,0	33,3	66,7	100
MS, %	89,10	89,68	90,26	90,85
MO ²	88,81	86,22	83,65	81,07
PB ²	29,88	30,43	30,98	31,53
NNP ³	14,98	22,17	29,13	35,88
NIDN ³	12,58	18,33	23,68	28,68
NIDA ³	1,86	3,02	4,11	5,15
EE ²	1,20	1,19	1,19	1,18
FDN _{cp} ²	19,46	22,73	26,01	29,28
CNF ²	39,56	34,90	30,25	25,59
FDA ²	6,00	9,84	13,69	17,53
Lignina H ₂ SO ₄ ²	1,81	2,35	2,88	3,42
Cutina ²	0,62	4,66	8,71	12,75
FDN _i ²	4,64	11,29	17,93	24,58

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; NNP = nitrogênio não protéico; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE = extrato etéreo; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDA = fibra em detergente ácido; FDN_i = FDN indigestível. ²% da MS; ³% do N total.

O volume urinário total diário foi estimado dividindo-se a excreção urinária de creatinina pelo valor observado de concentração de creatinina na urina, segundo Valadares Filho & Valadares (2001). A excreção diária de creatinina foi estimada conforme proposto por Chizzotti (2008): $EC \text{ (g/dia)} = 32,27 - 0,01093 \cdot PV \text{ (kg)}$. A concentração de creatinina na amostra spot de urina foi utilizada para estimar o volume urinário e assim estimar a excreção de ácido úrico e alantoína. A excreção total de derivados de purina (PT) foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina.

As purinas microbianas absorvidas (PA, mmol/dia) foram calculadas a partir das excreções dos derivados de purina totais DPT (DPT, mmol/dia), por meio da equação $DPT = 0,85 \times PA + 0,385 \times PC^{0,75}$, em que: 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas e $0,385PC^{0,75}$, a excreção endógena de derivados de purinas na urina (Verbic et al., 1990). A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Nmic, g/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas PA (mmol/dia), por meio da equação $Nmic = (70 \times PA) / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$, 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 das bactérias (Chen & Gomes, 1992).

O balanço de compostos nitrogenados (BN) foi obtido pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido (N_{ing}) e o total de nitrogênio excretado nas fezes (N-fezes) e na urina (N-urina). 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:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ijk}, \text{ sendo:}$$

Y_{ijk} = resposta experimental medida sobre o tratamento i , bloco j e repetição k ;

μ = constante geral;

T_i = efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

B_j = efeito do bloco j ; e

e_{ijk} = 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), utilizando o nível crítico de 5% de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

A eficácia da atuação do tratamento alcalino na desnaturação da ricina pode ser avaliada pela diferença na intensidade das sub-unidades de ricina (35 kDa e 29 kDa) no gel poliacrilamida (SDS-PAGE); (Figura 1). Verificou-se que o tratamento com CaO 60g/kg de FM provocou a 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).

A inclusão do FMT em substituição à mistura FS e FT aumentou a oferta de ricina (valor máximo de 80,70 mg de ricina em 100% de substituição da mistura), contudo não houve efeito ($P>0,05$) sobre os níveis séricos das enzimas gama glutamiltranspeptidase (GGT), alanina aminotransaminase (ALT) e aspartato aminotransaminase (AST) (Tabela 4). Estas enzimas constituem indicadores de função hepática e se elevam na ocorrência de lesão hepática. Segundo Kumar et al. (2003), estas enzimas estão associadas com ocorrência de intoxicação por ricina em ratos e ovinos. Os níveis séricos destas enzimas 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 elevada (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. Provavelmente a ricina presente no farelo foi inativada por proteases microbianas ruminais, o que remete a outros fatores.

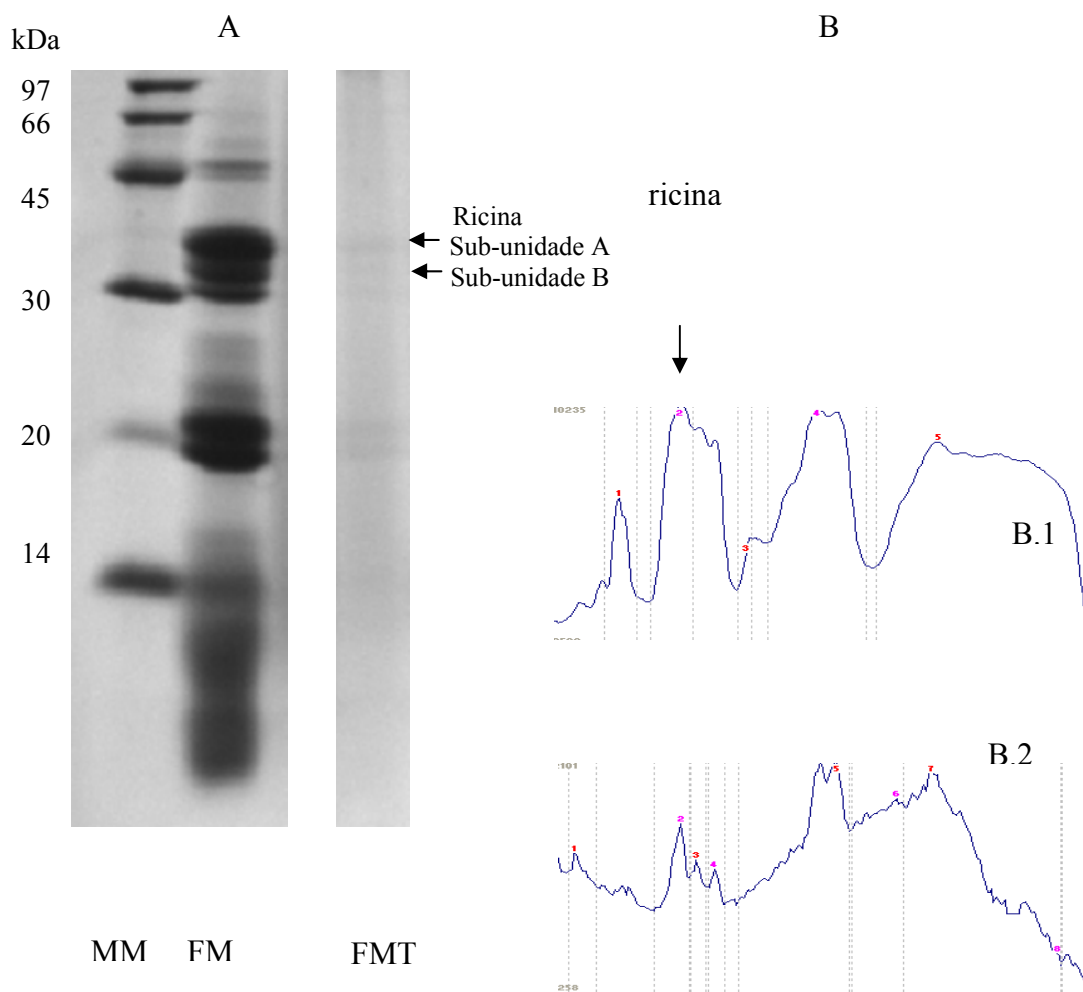


Figura 1 – [A] Gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) para avaliação da eficácia do tratamento do farelo de mamona (FM) com 60 g de CaO/kg de matéria natural (FMT) no desaparecimento da ricina (sub-unidade A com 35 kDa e sub-unidade B com 29 kDa). MM = marcador de massa molecular entre 14 e 97 kDa. [B] Análise densitométrica do gel (SDS-PAGE) do FM (B.1) e do FMT (B.2). O eixo das ordenadas representa unidade de densidade relativa e 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.

Tabela 4 – Ricina e atividade enzimática no soro de novilhas leiteiras alimentadas com farelo de mamona

Item	Níveis de FMT no concentrado				CV ² (%)	Efeito ³		
	0	33,3	66,7	100		L	Q	C
Ricina, mg/dia ¹	0,00	26,46	53,20	80,70	-	-	-	-
Ricina, mg/kg PC/dia ¹	0,00	0,142	0,292	0,460	-	-	-	-
GGT, UI/L	19,40	19,00	18,20	20,80	25,3	0,73	0,50	0,70
ALT, UI/L	21,00	21,60	20,80	20,00	13,1	0,50	0,57	0,80
AST, UI/L	60,80	54,20	58,20	53,60	22,3	0,50	0,86	0,46

¹ Estimado a partir da oferta de concentrado. ² Coeficiente de variação. ³ significancia (P>0,05) pelo teste F, L = linear, Q = quadrático, C= cúbico; GGT = gama glutamiltranspeptidase; ALT = alanina aminotransaminase; AST = aspartato aminotransaminase.

Os consumos de MS e dos nutrientes das dietas experimentais não foram influenciados (P>0,05) pela substituição da mistura FS e FT pelo FMT, com exceção dos consumos de CNF (Tabela 5) que foram reduzidos (P<0,05). Sabe-se que o consumo de matéria seca determina a quantidade de nutrientes disponíveis para manutenção e produção, e que os alimentos volumosos estão mais relacionados ao consumo de matéria seca pelo animal, em que qualidade, o tamanho de partícula, taxa de degradabilidade e a relação volumoso:concentrado podem determinar o nível de ingestão ótimo. Os menores (P<0,05) consumos de CNF para as dietas contendo farelo de mamona ocorreram devido ao menor teor desta fração (Tabela 5 e 3).

Geralmente, o teor de FDN tem sido relacionado negativamente com o consumo de matéria seca. Diniz (2009), trabalhando com bovinos machos mestiços H/Z, não encontrou diferença no consumo de MS em kg/dia e % do peso corporal (PC), com a substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com óxido de cálcio (100% de substituição). Por outro lado Costa (2010), estudando os mesmos níveis de substituição, encontrou redução no consumo de MS em kg/dia e em % do peso corporal, e de CNF, a partir 66,7% de substituição. Entretanto, só identificou diferença significativa para o consumo de FDNcp a partir de 33,3%.

Os consumos médios diários de MS expressos em % PC (2,68%), estão de acordo com o valor recomendado pelo NRC (2001), que é de 2,66% para novilhas leiteiras em crescimento, com peso médio de 180 kg.

Apesar da maior fração da FDN indigestível e componentes da parede celular do FM em relação ao FS e FT (Tabelas 2 e 3), o pequeno tamanho da partícula do farelo parece ter facilitado os processos de desaparecimento ruminal desta fração, o que pode explicar a ausência de efeito sobre o consumo de MS e de FDNcp, quando o farelo de mamona foi incluído.

Tabela 5 – Consumo de novilhas alimentadas com farelo de mamona tratado no concentrado

Item ¹	Níveis de substituição ² (%)				CV ³ (%)	Efeito ⁴		
	0	33,3	66,7	100		L	Q	C
	-----kg/dia-----							
MS	5,22	5,17	5,30	4,92	9,2	0,44	0,45	0,48
MO	4,85	4,79	4,91	4,56	9,2	0,41	0,47	0,47
PB	0,78	0,78	0,80	0,76	6,7	0,76	0,36	0,55
EE	0,11	0,11	0,11	0,10	11,1	0,53	0,30	0,63
FDNcp	2,17	2,19	2,34	2,23	9,9	0,49	0,52	0,39
CNF	1,69	1,60	1,55	1,36	9,6	0,01 ⁵	0,45	0,52
	--- % do peso corporal ---							
MS	2,62	2,65	2,78	2,68	5,9	0,36	0,35	0,35
FDNcp	1,08	1,11	1,22	1,20	6,6	0,01 ⁶	0,43	0,26

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não-fibrosos; ³Coefficiente de variação. ⁴ Efeito: não significativo (P>0,05) pelo teste F, L = linear, Q = quadrático, C= cúbico. N = nível de substituição da mistura de farelo de soja e farelo de trigo (72,6%: 27,4%) por farelo de mamona tratado. ⁵ $\hat{Y} = 1,7017 - 0,0030N$, ($r^2 = 0,92$); ⁶ $\hat{Y} = 1,083 + 0,0014N$, ($r^2 = 0,83$).

Os maiores (P<0,05) consumos de FDNcp em % do peso corporal para as dietas contendo farelo de mamona ocorreram devido ao maior teor da FDNcp no FM (Tabela 5 e 3), induzindo ao maior consumo de FDNcp, quando expresso em % PC. Ao analisar o efeito da ingestão de FDNcp pelos animais, verifica-se que esta variou de 1,08 a 1,22% do PC. Segundo Van Soest (1994), o consumo de fibra deve estar dentro do intervalo de 0,8 e 1,2% PC, sob pena de limitar o consumo, em decorrência do efeito de

enchimento ruminal. Todavia, este mesmo autor comenta que esse limite pode ser ultrapassado, quando a dieta apresentar baixa densidade energética. Considerando-se os valores de ingestão de FDNcp pelas novilhas, pode-se inferir que ingestão voluntária não foi afetada pela limitação física do rúmen.

Observou-se efeito linear negativo ($P < 0,05$) do nível de substituição do FM sobre a digestibilidade e conseqüentemente sobre os consumos de componentes digestíveis de todos os nutrientes da dieta, exceto EE e PB (Tabela 6). A redução da digestibilidade da MS e da FDNcp provavelmente ocorreu devido as diferenças quantitativas existente entre os constituintes da parede celular, principalmente, cutina e lignina, do farelo de mamona (Tabela 2) que podem ter influenciado na redução da digestibilidade da MS e da FDNcp pela inclusão do FMT nas dietas, onde observa-se que a relação cutina/FDNcp nos níveis de 0 e 100% foi de 5,3 e 13,52%, respectivamente. Considerando que o coeficiente de digestibilidade efetivo do alimento é determinado pelas características intrínsecas do mesmo (potencialidade) e pela capacidade de atuação dos sistemas enzimáticos microbiano e animal (Detmann et al., 2008), a redução observada pode estar relacionada com alterações nesses dois fatores.

A cutina está presente na epiderme de tecidos de plantas, conferindo proteção superficial às mesmas. Apesar da cutina apresentar características que a diferem da fração lignina, sua separação não é comumente adotada nas análises de alimentos para ruminantes, o que pode ampliar os erros de predição dos efeitos da lignina sobre os processos de digestão e passagem da fração insolúvel em detergente neutro, notadamente em alimentos à base de cascas de cereais e de oleaginosas (Van Soest, 1994). Embora não forme ligações com carboidratos, a cutina por ser indigestível, apresenta-se como barreira à entrada de microrganismos ruminais, reduzindo a extensão da degradação (Van Soest, 1994).

Verificou-se redução ($P < 0,05$) do nível de FMT na dieta sobre a digestibilidade dos CNF, podendo ser este comportamento atribuído à redução no teor deste constituinte da dieta e do consumo de CNF.

O consumo de cada componente digerido representa o produto do consumo do nutriente e do coeficiente de digestibilidade total do mesmo. Nesse sentido, verifica-se que houve redução ($P < 0,05$) no consumo de MS, MO, CNF digestíveis e de NDT pela substituição do FS e FT pelo FMT.

As exigências de PB e NDT de novilhas holandesas com peso corporal igual a 180 kg e GMD de a 800g são 710 g/dia e 3,05 kg/dia, respectivamente (NRC, 2001). Apesar da redução no consumo de NDT, verificou-se que o mesmo foi suficiente para atender as exigências, com exceção apenas para o nível de 100% de substituição, que apresentou um pequeno déficit - 0,19 kg/dia (Tabela 7); todavia, não comprometeu o ganho de peso dos animais. Em todos os tratamentos o consumo de PB foi acima das exigências de novilhas leiteiras para permitir GMD de 800 g/dia.

Tabela 6 – Digestibilidade de novilhas alimentadas com farelo de mamona tratado, teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) e consumo diário dos componentes digeridos

Item ¹	Níveis de substituição (%)				CV ² (%)	Efeito ⁴		
	0	33,3	66,7	100		L	Q	C
----- Digestibilidade,% -----								
MS	66,95	66,08	63,10	61,40	4,0	0,00 ⁵	0,73	0,53
MO	68,76	68,50	65,38	63,81	3,9	0,00 ⁶	0,58	0,41
PB	65,09	64,82	62,97	64,05	4,1	0,37	0,58	0,41
EE	72,03	72,38	75,08	73,47	9,1	0,60	0,74	0,62
FDNcp	57,29	57,65	51,89	51,32	8,3	0,02 ⁷	0,82	0,23
CNF	82,20	82,02	81,69	78,38	2,9	0,02 ⁸	0,16	0,56
NDT ³	64,58	64,03	61,23	59,18	3,8	0,01 ⁹	0,49	0,54
Consumo de componentes digeridos (kg/dia)								
MS	3,44	3,56	3,29	2,97	8,0	0,01 ¹⁰	0,09	0,56
MO	3,29	3,42	3,15	2,85	8,1	0,01 ¹¹	0,08	0,47
PB	0,49	0,51	0,48	0,46	6,7	0,10	0,14	0,23
EE	0,07	0,08	0,08	0,07	19,1	0,73	0,19	0,73
FDNcp	1,18	1,28	1,12	1,07	9,9	0,05	0,15	0,17
CNF	1,49	1,49	1,41	1,18	9,8	0,01 ¹²	0,08	0,76
NDT	3,32	3,45	3,20	2,86	8,2	0,01 ¹³	0,07	0,58

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não-fibrosos. ²Coefficiente de variação. ³ % da MS. ⁴Efeito: não significativo (P>0,05) pelo teste F, L = linear, Q = quadrático, C= cúbico. ⁵ $\hat{Y} = 67,3299 - 0,0588N$, ($r^2 = 0,96$); ⁶ $\hat{Y} = 69,308 - 0,0053N$, ($r^2 = 0,92$); ⁷ $\hat{Y} = 58,0861 - 0,0709N$, ($r^2 = 0,81$); ⁸ $\hat{Y} = 82,8461 - 0,0354N$, ($r^2 = 0,71$); ⁹ $\hat{Y} = 65,1073 - 0,0569N$, ($r^2 = 0,95$); ¹⁰ $\hat{Y} = 3,5703 - 0,0051N$, ($r^2 = 0,74$); ¹¹ $\hat{Y} = 3,4134 - 0,0047N$, ($r^2 = 0,69$); ¹² $\hat{Y} = 1,5443 - 0,003N$, ($r^2 = 0,80$); ¹³ $\hat{Y} = 3,4573 - 0,0050N$, ($r^2 = 0,70$).

A conversão alimentar não foi afetada pelo nível substituição do FMT. Também não houve efeito da substituição do FS e FT pelo FMT para o ganho médio diário (GMD), ganho de perímetro torácico (GPT), ganho de comprimento corporal (GCC), ganho de altura de cernelha (GAC) ganho de altura de garupa (GAG) e ganho de largura de garupa (GLG) (Tabela 8).

Tabela 7 – Valores observados e exigências de consumo de matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB) e consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) segundo o NRC (2001), de novilhas leiteiras com 180 kg de peso corporal, com ganhos de 800 g de peso corporal

Item	Exigências	Níveis de substituição (%)			
		0	33,3	66,7	100
CMS (kg/dia)	4,8	5,22	5,17	5,30	4,92
Diferença		0,42	0,37	0,5	0,12
CPB (kg/dia)	0,71	0,78	0,78	0,80	0,76
Diferença		0,07	0,07	0,09	0,05
CNDT (kg/dia)	3,05	3,32	3,45	3,20	2,86
Diferença		0,27	0,40	0,15	-0,19

O desempenho animal é determinado por vários fatores, sobretudo pelo consumo de MS, que determina o nível de ingestão de nutrientes. Segundo Rohr & Daenicke (1984), o GMD é uma medida indispensável para se estimar o desenvolvimento do animal nos processos alimentares e sistemas de produção. Na ausência de balanças comerciais em explorações leiteiras, a utilização de fita métrica constitui num método simples para estimar o peso do animal, e algumas medidas (altura de cernelha, comprimento, largura de quadril) possuem alta relação com o desenvolvimento animal (Hoffman, 1997). A Associação Brasileira dos criadores de Gado Holandês (ABCGH) tem proposto uma relação de crescimento em altura de cernelha e garupa para novilhas, que corresponde 1 cm/8kg de ganho de peso corporal. No presente trabalho, todas as dietas proporcionaram crescimento em altura de cernelha e garupa de acordo conforme preconizado pela ABCGH.

A excreção urinária de purinas totais, a síntese de N microbiano e a eficiência de utilização de NDT para síntese de N microbiano no rúmen não foram afetadas ($P>0,05$) pela substituição do FS e FT pela inclusão de FMT nas dietas (Tabela 9). A disponibilidade ruminal de energia e nitrogênio são fatores nutricionais que mais comprometem o crescimento microbiano (Clark et al.,1992). Segundo o NRC (2001), a eficiência de utilização da energia disponível para o crescimento microbiano ruminal

pode ser pouco afetada pelo consumo de energia disponível, quando a disponibilidade de N ruminal é mantida constante.

Tabela 8 – Desempenho de novilhas alimentadas com farelo de mamona tratado

Item	Níveis de substituição (%)				CV ⁴ (%)	Efeito ⁵		
	0	33,3	66,7	100		L	Q	C
PCi ¹ , kg	149,4	146,6	146,4	140,6	-	-	-	-
PCf ² , kg	225,6	218,6	220,6	208,6	-	-	-	-
CA ³	5,78	6,11	6,09	6,11	12,9	0,54	0,65	0,81
GMD, g/dia	907	857	883	809	21,9	0,46	0,89	0,65
GPT, cm/dia	0,24	0,24	0,25	0,23	11,4	0,64	0,23	0,48
GCC, cm/dia	0,24	0,27	0,26	0,22	14,1	0,38	0,07	0,98
GAC, cm/dia	0,12	0,12	0,10	0,10	22,5	0,16	0,83	0,33
GAG, cm/dia	0,12	0,13	0,11	0,11	17,3	0,19	0,89	0,20
GLG, cm/dia	0,06	0,05	0,06	0,05	18,6	0,51	0,23	0,11

¹ PCi = peso corporal inicial; ² PCf = peso corporal final; ³ CA = conversão alimentar; ⁴ Coeficiente de variação. ⁵ Efeito: não significativo (P>0,05) pelo teste F; L = linear, Q = quadrático, C = cúbico.

Apesar de significativa redução no consumo de NDT (P<0,05) para os tratamentos, não houve diferença na síntese de N microbiano entre os tratamentos, onde esses valores encontram-se abaixo (110 gramas de PB microbiana/kg de NDT) dos valores sugeridos pelo NRC (2001) e por Valadares Filho et al. (2010), que apresentaram valores fixos de 130 e 120 gramas de PB microbiana/kg de NDT. Isto se explica por que houve redução numérica de N microbiano e redução significativa do NDT, o que resultou em eficiência microbiana (g PB microbiana/kg de NDT) similar.

Tabela 9 – Excreção urinária de purinas totais (PT), purinas absorvidas (PA), estimativas da síntese diária de compostos nitrogenados microbianos (Nmic), proteína bruta microbiana (PBmic) e eficiência microbiana (Efic) de novilhas leiteiras alimentadas com farelo de mamona

Item	Níveis de substituição (%)				CV ¹ (%)	Efeito ²		
	0	33,3	66,7	100		L	Q	C
PT (mmol/dia)	92,23	90,57	86,09	79,31	17,1	0,17	0,70	0,98
PA (mmol/dia)	84,64	82,89	78,04	70,84	21,8	0,20	0,73	0,98
Nmic (g/dia)	61,54	60,27	56,74	51,51	21,8	0,20	0,73	0,98
PBmic (g/dia)	384,61	376,65	354,64	321,93	21,8	0,20	0,73	0,98
Efic (g PB/NDT)	114,93	109,73	112,39	106,88	20,8	0,65	0,98	0,73

¹ Coeficiente de variação.

² % da MS ⁴ Efeito: não significativo (P>0,05) pelo teste F; L = linear, Q = quadrático, C = cúbico.

Não foi observado efeito da substituição pelo farelo de mamona tratado tratamento ($P>0,05$) para os valores de excreções urinárias de nitrogênio uréico (EUNU) e concentração de nitrogênio uréico no plasma (NUP). A amônia é transformada no fígado em uréia e é lançada na corrente sanguínea, levando a difusão desta para vários tecidos, devido sua alta solubilidade.

A substituição do FS e FT pelo FMT ampliou a fração de NNP na dieta (Tabela 3); contudo, as concentrações de NUP estão 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).

O consumo de nitrogênio e a excreção e urinária g/dia de N não foram afetados ($P>0,05$) pelos níveis de substituição da mistura do concentrado (Tabela 10). A substituição do FS e FT pelo FMT aumentou ($P<0,05$) a excreção fecal de N em % do nitrogênio total, que pode ser justificado pelo aumento da fração NIDN (Tabela 3).

Tabela 10 – Concentração de nitrogênio uréico no soro (NUS), excreção urinária de compostos (N) e balanço de N em novilhas alimentadas com farelo de mamona

Item	Níveis de substituição (%)				CV ¹ (%)	Efeito ²		
	0	33,3	66,7	100		L	Q	C
NUS (mg/dL)	8,96	9,54	8,40	10,02	31,9	0,73	0,69	0,46
Excreção urinária								
NT, g/dia	120,78	126,87	122,41	116,34	9,1	0,43	0,24	0,69
N-uréia, g/dia	26,88	28,99	25,61	28,67	20,8	0,86	0,85	0,31
N-fecal, g/dia	44,61	47,89	48,88	46,98	13,5	0,53	0,38	0,96
N-urina, g/dia	34,46	39,09	33,32	36,83	19,4	0,92	0,85	0,18
BN, g/dia	41,70	39,88	40,20	32,54	25,5	0,19	0,52	0,61
N-fecal (% NT)	36,50	37,54	39,73	39,59	6,5	0,04 ³	0,60	0,49
N-urina (% NT)	28,35	30,69	27,45	33,22	24,9	0,46	0,61	0,34
BN (% NT)	35,15	31,77	32,81	27,19	24,3	0,16	0,75	0,48

¹Coefficiente de variação. ² % da MS ⁴Efeito: não significativo ($P>0,05$) pelo teste F, L = linear, Q = quadrático, C= cúbico. N = nível de substituição da mistura de farelo de soja e farelo de trigo (72,6%: 27,4%) por farelo de mamona tratado. ³ $\hat{Y} = 36,6226 + 0,0343N$, ($r^2 = 0,78$).

Verificou-se que em todos os tratamentos ocorreu valor positivo para o BN, indicando que o consumo de N permitiu atender as exigências de N, o que levou a uma

retenção de proteína no organismo animal, proporcionando condições favoráveis para os ganhos de peso obtidos.

Conclusões

O farelo de mamona tratado com 60 gramas de óxido de cálcio/kg (base da matéria natural) pode substituir totalmente a mistura de farelo de soja e farelo de trigo (72,6%: 27,4%) em dietas para novilhas leiteiras em crescimento. O tratamento alcalino utilizando 60 gramas de óxido de cálcio por kg de farelo de mamona mostrou-se eficaz para inativar a ricina.

Literatura Citada

- 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.
- CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2304-2323, 1992.
- 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 (01-03-2010).
- 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.
- HOFFMAN, P.C. Optimum body size of Holstein replacement heifers. **Journal of Animal Science**, v.75, p.836-845, 1997.
- 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 postprandial 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.
- ROHR, K.R.; DAENICKE, R. Nutritional effects on the distribution of live weight as gastrointestinal tract fill and tissue components in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.38, n.3, p.753-765, 1984.
- 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.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação meteorológica. **Dados climáticos**. Viçosa, MG:UFV. 1997b.

- 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.
- VAN SOEST, P.J; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
- 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.

CAPÍTULO 2

Valor energético do farelo e da torta de mamona

Resumo – Objetivou-se determinar os nutrientes digestíveis totais (NDT) do farelo de mamona e da torta de mamona, ambos tratados com óxido de cálcio, na dose de 60 gramas de cal/kg, na base da matéria natural, em novilhos. A silagem de milho foi combinada em dois níveis de farelo ou torta de mamona tratado com quatro repetições para cada nível, a partir de um delineamento experimental de reversão simples, dois níveis do ingrediente concentrado, em dois períodos consecutivos. As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas. A silagem de milho, o farelo de mamona tratado e a torta de mamona tratada apresentaram valores de NDT iguais a 63,36; 41,80 e 41,96 respectivamente. O valor do NDT do tratamento com farelo de mamona não diferiu ($P>0,05$) do NDT da torta de mamona.

Palavras chave: biodiesel, equações de predição, NDT, resíduos agroindustriais.

Energy value of the bran and castor bean

Abstract – This study was carried out to determine the total digestible nutrients (TDN) of castor bean meal and castor bean, both treated with calcium oxide at a dose of 60 grams of lime / kg in fresh matter basis, in steers. Corn silage was combined with two levels of castor bean meal or treated with four replications for each level, from a simple reversal of experimental design, two concentrate levels in two consecutive periods. Diets were formulated to be isonitrogenous. Corn silage, bran and castor oil treated castor bean were treated TDN values equal to 63.36, 41.80 and 41.96 respectively. The TDN value of castor bean meal treatment did not differ ($P > 0.05$) NDT of castor bean.

Key words: biodiesel, industrial residues, NDT, the prediction equations

Introdução

Apesar da diversidade de matérias-primas que podem potencialmente ser usadas para produzir o biodiesel, a mamona (*Ricinus communis* L.) constitui em uma das principais culturas de sequeiro mais rentável entre as grandes culturas, em certas regiões do semiárido nordestino, dada a infra-estrutura atual e os volumes de produção. No entanto, esta cultura não é exclusiva da região semi-árida, sendo também plantada com excelentes resultados em diversas regiões do país (EMBRAPA ALGODÃO, 2008).

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).

E crescente interesse de profissionais na formulação de rações e suplementos protéicos ideais para um aumento da produção, a menores custos, incorporando co-produtos e subprodutos da agroindústria.

Em uma recente revisão, Cappelle (2000), visando fornecer dados médios da composição dos alimentos brasileiros, verificou a inexistência de resultados de análises

de alguns parâmetros para os respectivos alimentos dentro da bibliografia consultada. Segundo este autor, ainda é escasso as informações quanto ao valor energético de alguns alimentos.

Os componentes químicos que são mais relacionados ao potencial de energia de um alimento, são o extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido. Alguns destes componentes, especialmente gordura e PB, têm sido positivamente correlacionados ao NDT, enquanto que as frações fibrosas têm apresentado correlações negativas com a disponibilidade energética dos alimentos. A lignina, embora constitua somente pequena proporção dos alimentos (1 a 12%), mostra alta correlação negativa com a digestibilidade (Weiss, 1998).

A obtenção de estimativas dos coeficientes de digestibilidade constitui aspecto básico para se quantificar o valor energético dos alimentos ou dietas, notadamente via nutrientes digestíveis totais (NDT), permitindo o adequado balanceamento de dietas, para o atendimento das exigências de manutenção e produção animal (Detmann et al., (2010).

Segundo Teixeira (1997), a técnica de determinação da digestibilidade por sistema de equações pode ser utilizada quando o alimento a ser avaliado não comprometa o volume fisiológico do trato gastrointestinal. Especialmente para ruminantes, esta técnica se aplica para avaliação de alimentos concentrados. Trabalhando com duas ou mais rações, pode-se amenizar os erros decorrentes do efeito associativo entre os ingredientes.

Os atributos biológicos de um alimento são muito mais significativos na predição do desempenho animal; todavia, são mais difíceis de serem determinados acuradamente, devido à interação da composição química do alimento com as capacidades metabólicas e digestivas do animal (Preston, 1978) citado por Rocha Junior

(2003). Contudo, o acesso à estimativa do coeficiente de digestibilidade de um alimento ou de seus respectivos componentes químicos constitui processo oneroso e com elevada demanda de tempo quando realizado pelos métodos de digestibilidade *in vivo*, (Detmann et al., 2008a).

Também tem sido sugerido pelo NRC (2001) um sistema de predição do conteúdo energético dos alimentos, considerando a influência da composição química sobre a capacidade de fornecimento de energia. Esse método se baseia em sistemas de equação somativas ou aditivas, onde, para cada grupo de compostos químicos com potencial de contribuição energética (proteína bruta, extrato etéreo, carboidrato não fibroso e fibra em detergente neutro), obtêm-se as estimativas das frações verdadeiramente digestíveis, considerando correções para perdas metabólicas fecais e nível de consumo, (Detmann et al., 2010). Contudo, o sistema adotado pelo NRC (2001) não tem apresentado eficiência de predição quando aplicados em alimentos obtidos em condições tropicais (Detmann et al., 2008b; Azevêdo, 2009; Magalhães et al., 2010), em que para esses tipos de alimentos, pode comprometer a sua aplicação efetiva.

Neste contexto, é importante considerar que os valores de energia disponível dos alimentos obtidos por meio de equações devem ser comparados com os valores reais, para que se possa ter confiabilidade nos modelos de predição. Isto reforça a necessidade dos estudos de digestão a fim de determinar o valor energético dos alimentos, e, sobretudo, a composição de co-produto, ainda pouco estudados em ensaios de digestibilidade.

Desta forma, objetivou-se avaliar a digestibilidade do farelo e da torta de mamona tratados com óxido de cálcio, a partir o sistema de equações como metodologia na determinação da digestibilidade dos alimentos, e comparar com o sistema de equação usado pelo NRC (2001).

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Animais do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa - MG.

A cidade de Viçosa está localizada na Zona da Mata, Estado de Minas Gerais, a 649 m de altitude, geograficamente definida pelas coordenadas de 20° 45'20" de latitude sul e 45°52'40" de longitude oeste e altitude de 651 metros. O clima é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo a classificação proposta por Köppen, tendo duas estações definidas: seca, de abril a setembro, e águas, de outubro a março. A precipitação média anual é de 1.341,2 mm anuais. As médias de temperaturas máximas e mínimas são 26,1 e 14,0 °C, respectivamente (UFV, 1997b).

Foram utilizados 8 bovinos Holandês x Zebu em fase de crescimento, com aproximadamente 180 kg de peso vivo, distribuídos em 4 quadrados latinos 2 x 2, de acordo com o peso inicial. O experimento foi constituído por dois períodos, com duração de 15 dias cada, sendo os 10 primeiros dias de adaptação às dietas e os demais para coleta de dados.

Os alimentos foram combinados da seguinte maneira: silagem de milho com 7,5 e 15% de farelo de mamona; silagem de milho com 7,5 e 15% de torta de mamona (Tabela 1). Utilizou-se a mistura uréia/sulfato de amônio (9:1) para que as rações contendo as duas proporções de cada alimento concentrado se mantivessem isoprotéicas nos dois diferentes períodos experimentais.

A inativação da ricina do farelo de mamona foi realizada mediante desnaturação com tratamento alcalino, utilizando-se solução de CaO (cal virgem agrícola micropulverizada, contendo 90% de óxido total), 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.

A alimentação foi fornecida *ad libitum*, duas vezes ao dia as 8:00 e as 16:00 h, na forma de mistura completa. Diariamente foram feitas pesagens e amostragens dos alimentos fornecidos e das sobras de cada animal para estimativa do consumo de matéria seca, estas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a -20°C para posteriores análises químicas. Ao final de cada período de 5 dias essas amostras foram homogeneizadas para compor uma amostra composta por período e por animal.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais ofertadas

Ingredientes	Níveis dos concentrados			
	FMT ²		TMT ³	
	7,5	15	7,5	15
	-----% da MS-----			
Silagem de milho	89,26	82,02	88,83	81,19
Farelo de mamona tratado ¹	8,30	16,38	-	-
Torta de mamona tratada ¹	-	-	8,55	17,05
Uréia/sulfato de amônio	1,11	0,22	1,25	0,51
Mistura mineral ² /NaCl	1,33	1,31	1,37	1,36

¹Tratado com 60 g de óxido de cálcio/kg, conforme Oliveira (2008).² 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. ² FMT = farelo de mamona tratado; ³TMT = torta de mamona tratada.

A coleta total de fezes foi realizada durante 5 dias em cada período experimental, registrando-se a quantidade diária total excretada por animal, diariamente essas amostras foram pesadas, homogeneizadas para compor uma alíquota de aproximadamente 2,5% do peso vivo animal, e ao final dos 5 dias realizada uma amostra composta.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram devidamente armazenadas em freezer. Posteriormente, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72

horas, moídas em moinho de facas com peneira de malha de 1 mm e submetidas às análises laboratoriais.

A composição química dos alimentos e das dietas estão apresentadas na Tabelas 2 e 3, respectivamente. As análises dos teores de MS, PB (nitrogênio total x 6,25), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H_2SO_4 72% p/p) foram realizadas segundo métodos descritos em Silva & Queiroz (2002).

Para análise da concentração de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras de alimentos, sobras e fezes, 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). A análise da concentração de fibra em detergente ácido (FDA) foi realizada nas amostras de alimentos, seqüencialmente à extração com detergente neutro. 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/cm² de tecido e 100 mL de detergente/g de amostra seca ao ar. O material remanescente das análises de FDN foi submetido a análise de nitrogênio e cinza, obtendo-se assim os valores de nitrogênio e cinzas insolúveis em detergente neutro NIDN e CIDN.

Tabela 2 – Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Itens ¹	Alimentos		
	SM ⁴	FMT	TMT
MS, %	27,55	87,74	90,44
MO ²	94,56	85,97	85,99
EE ²	2,35	1,23	5,48
PB ²	6,23	32,92	31,57
NNP ³	40,13	8,35	15,84
NIDN ³	17,05	15,31	16,43
NIDA ³	4,01	4,18	4,75
FDN	52,45	43,14	50,50
FDNcp2	52,17	40,21	47,30
CNF ²	34,14	11,58	5,06
FDA ²	29,16	31,41	38,00
Cutina	2,68	21,24	26,48 ⁵
Lignina H ₂ SO ₄ ²	3,64	4,18	4,26

¹ MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; NNP = nitrogênio não protéico; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE = extrato etéreo; FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDA = fibra em detergente ácido. ² % da MS; ³ % do N total; ⁴ SM = silagem de milho; ⁵ Estimada segundo Oliveira (2008).

O teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína FDNcp (% da MS) foi expresso por: $FDNcp = FDN \times (100 - PIDN - CIDN)/100$. Em que o teor de proteína insolúvel em detergente neutro PIDN ($NIDN \times 6,25$) FDN (% da MS); PIDN, teor de proteína insolúvel em detergente neutro (% da FDN); CIDN, teor de cinzas insolúveis em detergente neutro (% da FDN).

Os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados segundo equação proposta por Detmann e Valadares Filho (2010), sendo: $CNF = MO - [PB - PBU + Ur] + EE + FDNcp$. Em que: PBU, PB oriunda da uréia (% da MS); e Ur, teor de uréia nas rações (% da MS).

A quantificação de nitrogênio não protéico (NNP) dos alimentos foi realizada segundo Licitra et al. (1996).

Os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (DPB), do extrato etéreo (DEE), da fibra em detergente neutro (DFDN) e dos carboidratos não fibrosos (DCNF) de cada alimento foram determinados a partir dos coeficientes médios de digestibilidade

das dietas específicas de cada tratamento, pelos sistemas de equações, conforme descrito por Coelho da Silva & Leão (1979).

Tabela 3 – Composição química média das dietas experimentais

Itens ¹	Níveis (% MS dieta)			
	FMT		TMT	
	7,5	15	7,5	15
MS, %	34,31	38,52	34,83	39,66
MO ²	91,54	91,71	91,35	91,43
EE ²	2,20	2,13	2,29	2,30
PB ²	11,17	11,07	11,49	11,70
NNP ³	47,78	27,73	51,40	35,79
NIDN ³	12,25	15,36	12,07	14,84
NIDA ³	3,02	3,89	3,05	3,90
FDN _{cp} ²	49,91	49,41	50,39	50,42
CNF ²	30,04	29,44	29,19	27,76
FDA ²	28,64	29,08	29,15	30,15
Lignina H ₂ SO ₄ ²	3,60	3,67	3,60	3,68

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; NNP = nitrogênio não protéico; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; EE = extrato etéreo; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDA = fibra em detergente ácido; ²% da MS; ³% do N total.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) observado foi obtido a partir da equação somativa: $NDT = PBD + 2,25 \times EED + FDN_{cp}D + CNFD$, em que PBD, EED, FDN_{cp} e CNFD significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, fibra em detergente neutro (isenta de cinzas e proteína) digestível e carboidratos não-fibrosos digestíveis, apesar do modelo original utilizar apenas correção da FDN para proteína (FDN_p), a correção para o teor de cinzas foi realizada para evitar um possível subestimativa do teor de CNF e superestimar a fração com potencial para contribuição energética da FDN, caso esta não fosse considerada (Detmann et al, 2010).

A partir da composição dos alimentos avaliados, foram estimados os valores de NDT, conforme equações do NRC (2001), que estima os teores de proteína bruta digestível (PBD), ácidos graxos digestíveis (AGD), fibra em detergente neutro isenta de proteínas digestível (FDN_p) e carboidratos não-fibrosos digestíveis (CNFD), conforme descrito a seguir:

PBD para alimentos volumosos = $PB \times \text{Exp} (-1,2 \times (PIDA/PB))$; em que PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido;

PBD para alimentos concentrados = $PB \times [1 - (0,4 \times PIDA/PB)]$;

AGD = $(EE - 1) \times 100$;

CNFD = $0,98 \times CNF \times FAP$; em que FAP = fator de ajuste para processamento físico.

FDN_{pD} = $0,75 (FDN_p - L) \times [1 - (L/FDN_p)^{0,667}]$; em que L = Lignina.

Para estimar os nutrientes digestíveis totais em nível de manutenção (NDT), de acordo com o NRC (2001), a equação utilizada foi: $NDT = PBD + 2,25AGD + FDN_{pD} + CNFD - 7$; em que o valor 7 se refere ao NDT fecal metabólico.

A equação proposta por Detmann et al. (2010), também foi utilizada para estimar os valores de NDT a partir de dados de composição dos alimentos avaliados. Os sub-modelos para estimação das frações verdadeiramente digestíveis são:

Sub-modelos para EE e CNF

$EE_{vd} = 0,86 \times EE$

$CNF_{vd} = 0,95 \times CNF$

em que: EE_{vd} , EE verdadeiramente digestível (% da MS); EE, conteúdo dietético de EE (% da MS); CNF_{vd} , CNF verdadeiramente digestíveis (% da MS); CNF, conteúdo dietético de CNF (% da MS).

Sub-modelo para FDN

$FDN_d = D \times \{(FDN_{cp} - L) \times [1 - (L/FDN_{cp})^{0,85}]\}$

em que FDN_d , FDN digestível (% da MS); FDN_{cp} , teor dietético de FDN, expresso com correções de cinzas e proteínas (% da MS); L = teor dietético de lignina (% da MS); e 0,85, fator de proteção à degradação ruminal da lignina sobre a FDN.

Sub-modelo para PB

$$PB_{vd} = 0,98 \times (PB - PIDN) + D_{vPBPC} \times \{ PIDN \times [1 - e^{-(0,8188 + 1,1676 \times PIDA)}] \}$$

em que PB_{vp} , PB verdadeiramente digestível (% da MS); PB, teor dietético de PB (% da MS); D_{vPBPC} , coeficiente de digestibilidade verdadeiro da PB da parede celular (% da MS); PIDN, proteína insolúvel em detergente neutro e PIDA, proteína insolúvel em detergente ácido; sendo expressos como percentagem da MS.

Os conteúdos dietéticos de NDT (% da MS) são obtidos pela soma algébrica das estimativas produzidas por cada sub-modelo para cada fração digestível, conforme equação: $NDT = PB_{vd} + CNF_{vd} + FDN_{vd} + 2,25 \times EE_{vd}$

O farelo de mamona e a torta apresentam elevado teor de cutina, esta fração é indigestível, logo esta não pode deixar de ser considerada para o cálculo da FDN_d, logo foi feito um ajuste na equação do NRC (2001) e Detmann et al. (2010), onde o teor de cutina foi somado ao teor de lignina, para evitar possíveis distorções.

Resultados e Discussão

O valor de NDT do farelo de mamona observado, estimado a partir da equação proposta pelo NRC (2001) e Detmann et al. (2010) foram de 41,80; 44,82 e 53,87% (Tabela 4). Observa-se o valor estimado pela equação de Detmann et al. (2010) foi 28,87 % superior ao valor observado, enquanto que para a torta de mamona esse valor foi de 11,7%. O NDT observado da silagem de milho foi igual ao estimado pelo NRC e inferior ao estimado por Detmann et al. (2010). Vários fatores podem afetar a composição química e, conseqüentemente a disponibilidade de energia dos alimentos como: espécie da planta, temperatura, intensidade de luz, disponibilidade de água, latitude, maturidade, tipo de colheita, processamento e armazenamento (Van Soest,

1994). O valor energético da silagem de milho varia, principalmente em função da quantidade de grãos durante o processo de ensilagem.

O farelo de mamona também foi superestimado em 7,2% pela equação do NRC enquanto que a torta foi superestimada em 13,89%. Estes alimentos são ricos em FDN_i e FDA_i (39,08 e 33,56%), (Guimarães, 2010), estas frações indigestíveis da fibra, são compostas principalmente por lignina e cutina. A lignina e a cutina tem influencia negativa sobre o valor energético do alimento.

Em concentrados à base de cascas de cereais e de oleaginosas, a lignina está associada à cutina, apesar desta apresentar características que a diferem da fração lignina, sua separação não é comumente adotada nas análises de alimentos para ruminantes, o que pode ampliar os erros de predição dos efeitos da lignina sobre os processos de digestão e passagem da fração insolúvel em detergente neutro (Van Soest, 1994). Deve-se considerar que variações nas análises laboratoriais poderão ocasionar alterações do valor energético quando utilizado o sistema de equações do NRC para esses tipos de alimentos. Outros desvios podem estar associados a eventuais erros nas análises de EE, PB e FDN_{cp}, frações que estão correlacionadas com a disponibilidade de energia do alimento.

Tabela 4 – Valores de NDT (%) observados no experimento e preditos pelas equações do NRC (2001) e Detmann et al. (2010)

Alimento	NDT observado	NDT estimado ¹	NDT estimado ²
FMT	41,80	44,82	53,87
TMT	41,96	47,79	46,82
SM	63,36	63,76	74,45

¹NRC (2001); ² Detmann et al. (2010).

Rocha Júnior et al., (2003) utilizaram as equações propostas pelo NRC (2001) para estimar o NDT de alimentos volumosos e concentrados, a partir da composição de alimentos presentes no banco de dados das Tabelas Brasileiras de Composição de

Alimentos para Bovinos (Valadares Filho et al., 2002) e de um experimento com ovinos alimentados com diferentes alimentos, e verificaram que os valores obtidos pelo NRC foram compatíveis com os valores observados de alimentos utilizados para alimentação animal nas condições brasileiras, principalmente para os alimentos concentrados; apenas, quando as equações que estimam a disponibilidade energética de cada fração do alimento foram analisadas isoladamente, verificaram-se algumas diferenças entre valores preditos e observados. Costa (2002) verificou que as equações do NRC (2001) não foram eficientes para prever as frações digestíveis dos nutrientes de alimentos nas condições brasileiras.

Segundo Rocha Junior et al. (2003), o sistema de equações foi eficiente na determinação do valor energético dos alimentos, onde foi verificada alta correlação obtida entre esses valores e a digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica do conjunto de alimentos avaliados.

A pesar de não ser eficiente para prever frações digestíveis do nutriente, o sistema de predição do NRC tem se mostrado uma ferramenta bastante simples e com boa precisão dos valores de NDT dos alimentos. Os sistemas de equações também podem apresentar desvios, uma vez que não consideram o efeito associativo da dieta. Deve-se considerar também que este método requer maiores custos e maior tempo para a obtenção de resultados do valor energético dos alimentos. Sugere-se a utilização do sistema de predição do NRC, e também de outros modelos que utilizam o sistema somativo para NDT proposto de Detmann et al. (2010), objetivando estimativas mais acuradas do NDT dos alimentos, principalmente quando se tratar de alguns subprodutos e resíduos da agroindústria, o sistema proposto por esse autor, parece estar mais ajustado a avaliação de alimentos nas condições tropicais.

Conclusão

O valor dos nutrientes digestíveis totais do farelo de mamona e da torta de mamona foi de 41,80 e 41,96 %.

Literatura Citada

- COSTA, M.A.L. **Avaliação de subprodutos agrícolas e agroindustriais na alimentação de bovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 136p. (Tese, Doutorado em zootecnia), (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- 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.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979. 380p.
- 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
- COSTA, M.A.L. **Desempenho de novilhos zebuínos e validação das equações do NRC (2001) para prever o valor energético dos alimentos nas condições brasileiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 81p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2010.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Avaliação nutricional de alimentos ou dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008a. p.21-52.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. PINA, D.S. et al. Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of the feeds under tropical conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.127-147, 2008b.
- 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.
- 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.
- MAGALHÃES, K.A; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Evaluation of indirect methods to estimate the nutritional value of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.155, p.44-54, 2010.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Preston, R. L. 1978. Typical composition of feeds for cattle and sheep. 1978-79. **Feedstuffs** 50(36): 3A.
- ROCHA JR., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Determinação do valor energético dos alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.473-479, 2002.
- ROCHA JR., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.473-479, 2003a.
- ROCHA JR., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. et al. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC(2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003b.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

- TEIXEIRA, J.C. Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes. In: DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. p.7-27.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação meteorológica. **Dados climáticos**. Viçosa, MG:UFV. 1997b.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Sistema de análises. **Manual do usuário (SAEG)**. Versão 8.1, Viçosa, 2003. 301 p.
- VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados: BR-Corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 193p.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras e composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WEISS, W.P. Estimating the availability energy content of feeds for dairy cattle. Symposium: energy availability. **Journal Dairy Science**, v.81, p.830-839, 1998.

CONCLUSÕES GERAIS

A utilização do farelo de mamona tratado com óxido de cálcio em substituição a mistura farelo de soja e farelo de trigo (72,6%:27,4%, na base da MS) resulta em mesmo desempenho produtivo de novilhas leiteiras em confinamento.

A utilização do farelo de mamona tratada e da torta de mamona tratada apresenta valor energético de 41,80 e 41,96 %, respectivamente.