

**Destoxificação da torta de mamona
por processos químicos alcalinos em
escala semi-industrial e seu uso na
alimentação de pequenos ruminantes**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Caprinos e Ovinos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
09**

**Destoxificação da torta de mamona
por processos químicos alcalinos em
escala semi-industrial e seu uso na
alimentação de pequenos ruminantes**

*Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu
Ricardo Alves de Araújo
Ronaldo Carlos Lucas
José Neuman Miranda Neiva
Antônio Silvio do Egito
Magno José Duarte Cândido
Marcos Cláudio Pinheiro Rogério
Patrício Leandro Pereira
Lidiane Viana Ximenes
Diego Barcelos Galvani
Hévilá Oliveira Salles*

**Embrapa Caprinos e Ovinos
Sobral, CE
2019**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Caprinos e Ovinos
Fazenda Três Lagoas, Estrada Sobral/
Groaíras, Km 4 Caixa Postal: 71
CEP: 62010-970 - Sobral, CE
Fone: (88) 3112-7400
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Caprinos e Ovinos

Presidente
Cícero Cartaxo de Lucena

Secretário-Executivo
Alexandre César Silva Marinho

Membros
*Alexandre Weick Uchoa Monteiro, Carlos José
Mendes Vasconcelos, Fábio Mendonça Diniz,
Maíra Vergne Dias, Manoel Everardo Pereira
Mendes, Marcos André Cordeiro Lopes, Tânia
Maria Chaves Campêlo, Zenildo Ferreira
Holanda Filho*

Supervisão editorial
Alexandre César Silva Marinho

Revisão de texto
Carlos José Mendes Vasconcelos

Normalização bibliográfica
Tânia Maria Chaves Campêlo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Francisco Felipe Nascimento Mendes

Foto da capa
Roberto Cláudio F.F. Pompeu

1ª edição
On-line (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Caprinos e Ovinos

Destoxificação da torta de mamona por processos químicos alcalinos em escala semi-industrial e seu uso na alimentação de pequenos ruminantes / Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu ... [et al.]. - Sobral : Embrapa Caprinos e Ovinos, 2019.
34p. : il. color. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Caprinos e Ovinos, ISSN 0101-6008; 9).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/item/181>>.

1. *Ricinus communis*. 2. Ricina. 3. Subproduto. 4. Alimento para animal - Torta. 5. Lecitina.
I. Pompeu, Roberto Cláudio Fernandes Franco. II. Araújo, Ricardo Alves de. III. Lucas, Ronaldo Carlos.
IV. Neiva, José Neuman Miranda. V. Egito, Antônio Silvio do. VI. Cândido, Magno José Duarte. VII.
VIII. Rogério, Marcos Cláudio Pinheiro. IX. Pereira, Patrício Leandro. X. Ximenes, Lidiane Vieira. XI.
Galvani, Diego Barcelos. XII. Salles, Hévila Oliveira. XIII. Título. XIV. Série.

CDD 633.85

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução.....	08
Material e Métodos	09
Resultados e Discussão	17
Conclusões.....	30
Referências	31

Destoxificação da torta de mamona por processos químicos alcalinos em escala semi-industrial e seu uso na alimentação de pequenos ruminantes

Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu¹

Ricardo Alves de Araújo²

Ronaldo Carlos Lucas³

José Neuman Miranda Neiva⁴

Antônio Silvio do Egito⁵

Magno José Duarte Cândido⁶

Marcos Cláudio Pinheiro Rogério⁷

Patrício Leandro Pereira⁸

Lidiane Vieira Ximenes⁹

Diego Barcelos Galvani¹⁰

Hévila Oliveira Salles¹¹

Resumo: Objetivou-se avaliar a destoxificação da torta de mamona bruta (TMB) por meio de dois produtos alcalinos em diferentes concentrações e seus efeitos sobre a composição química, degradabilidade *in situ* da MS e o fracionamento de proteínas. Utilizaram-se o hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂] e hidróxido de sódio (NaOH) em duas concentrações (60 g e 90 g), diluídos em quatro quantidades de água (1.000; 1.500; 2.000 e 2.500 ml de água por quilo de TMB). A eficácia dos tratamentos foi avaliada com base na presença das subunidades de ricina em gel a 4,19% de poliácridamida (SDS-PAGE) em condição desnaturante por meio de análise densitométrica. Já a *Ricinus*

¹Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE

²Zootecnista, doutor em Zootecnia, professor da Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA.

³Zootecnista e bacharel em Ciências Agrárias, doutor em Ciências, professor da Faculdade de Juazeiro do Norte, Juazeiro do Norte, CE.

⁴Zootecnista, doutor em Zootecnia, professor da Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO

⁵Médico-veterinário e farmacêutico, doutor em Bioquímica, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, núcleo regional Nordeste, Campina Grande, PB

⁶Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, professor da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE

⁷Médico-veterinário, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE

⁸Zootecnista, mestrando em Zootecnia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, CE

⁹Bacharel em Química, técnica da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE

¹⁰Zootecnista, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE

¹¹Médica-veterinária, doutora em Bioquímica, pesquisadora da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE

aglutinina foi detectada por meio de bioensaios de hemaglutinação com hemácias de coelho. Observou-se que das diferentes concentrações utilizadas, somente a utilização de 90 g e 60 g de Ca(OH)_2 e NaOH, respectivamente, conseguiu destoxificar 100% da TMB, ambas diluídas em 2.000 mL de água. Por outro lado, ao avaliar o tempo mínimo de contato dos reagentes com a TMB para uma máxima destoxificação, observou-se que, com três horas de contato, é o tempo necessário para os reagentes diminuírem em 100% as proteínas citotóxicas, além de não deixar atividade hemaglutinante nesse material. Ao avaliar a degradabilidade da MS de ambas as tortas destoxificadas (TMD), observou-se que a TMD Ca(OH)_2 aumentou 10,06% da fração α , já a TMD NaOH 22,53%. De uma forma geral, os parâmetros de degradação foram maiores para a TMD NaOH. Não houve efeito ($P>0,05$) das dietas sobre o desempenho dos animais, com exceção da conversão alimentar, que foi menor para as cabras alimentadas com TMD. A inclusão de TMD na dieta de cabritas em confinamento é uma opção atrativa, considerando que as cabras alimentadas com TMD apresentam melhor conversão alimentar e seu uso não provoca alterações hepáticas e renais, sugerindo que o FS pode ser completamente substituído.

Palavras-chave: Subprodutos do biodiesel. Hidróxido de cálcio. Hidróxido de sódio. Lectinas. *Ricinus communis* L.

Detoxification of castor cake by alkaline chemical processes at semi-industrial scale and its use in feeding small ruminants

Abstract: The objective of this study was to evaluate the detoxification of castor cake (CC) through two alkaline products at different concentrations and its effects on chemical composition, *in situ* degradability of DM and protein fractionation. Calcium hydroxide [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] and sodium hydroxide (NaOH) were used in two concentrations (60 and 90 grams) diluted in 4 quantities of water (1,000; 1,500; 2,000 and 2,500 ml of water per kg of CC). The efficacy of the treatments was evaluated based on the presence of the 4.19% polyacrylamide (SDS-PAGE) gel ricin subunits in denaturing condition by densitometric analysis. Ricinus agglutinin was detected by hemagglutination bioassays with rabbit red blood cells. From the different concentrations used, only the use of 90 and 60 grams of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and NaOH, respectively, was able to detoxify 100% of TMB, both diluted in 2,000 ml of water. On the other hand, when assessing the minimum contact time of reagents with CBC for maximum detoxification, three contact hours is the time required for reagents to reduce cytotoxic proteins by 100%. When evaluating the DM degradability of both detoxified castor cake (DCC), it was observed that DCC- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ increased 10.06% of α fraction, while DCC-NaOH increased 22.53%. In general, the degradation parameters were higher for DCC-NaOH. There was no effect ($P > .05$) of diets on animal performance, except to the feed conversion, which was smaller for goats fed with DCC. The inclusion of DCC in the diet of feedlot goats is an attractive option, considering that goats fed with DCC have better feed conversion and its use does not cause liver and renal disorders, suggesting that soybean meal can be completely replaced.

Index terms: Biodiesel by-products. Calcium hydroxide. Lectins. Sodium hydroxide. *Ricinus communis* L.

Introdução

Após a extração do óleo, o mais tradicional e importante subproduto da mamona é a torta, com características fibrosas, porém altamente proteica. Em sua grande maioria, a torta de mamona é utilizada como fertilizante orgânico na adubação de solos, podendo ainda ser empregada como matéria-prima para a produção de aminoácidos, plásticos, em especial, os biodegradáveis, colas, inseticidas, entre outros produtos (Costa et al., 2004).

Devido ao alto teor de proteínas, a torta de mamona tem se mostrado atrativa à demanda por alimentos na nutrição animal. Porém, a principal barreira em sua utilização está relacionada a fatores antinutricionais, como a ricina, ricinina, *Ricinus aglutinina* e complexos alergênicos, desencadeando inativação de ribossomos, hemólise, diarreias e crises alérgicas, respectivamente (Dang; Van Damme, 2015), porém após o processo de destoxificação, a torta de mamona pode ser uma alternativa viável para contornar essa situação e, assim, utilizá-la na alimentação animal (Anandan et al., 2005). Os resultados de destoxificação, apesar de parecerem satisfatórios, ainda exigem maior detalhamento para que seja comprovada a sua eficácia e seu potencial para utilização como fonte de proteína na alimentação animal.

Dessa forma, devido à necessidade de disponibilizar fontes seguras de proteína alternativas para a alimentação animal, é indispensável a obtenção de um método que neutralize a ricina e possibilite a utilização da torta de mamona na nutrição animal, de forma economicamente viável. Nos trabalhos como os de Kim et al. (2006) e Anandan et al. (2005), foram utilizados equipamentos caros, como máquinas extrusoras e autoclaves, que, em alguns casos, comprometem a viabilidade do sistema de produção. Recentemente, Borja et al. (2017) desenvolveram um processo de destoxificação misto, no qual o farelo de mamona passa por interações entre o tempo de autoclavagem e a quantidade de CaO. Os autores observaram que é possível reduzir o nível de CaO para 10g kg^{-1} , quando associado ao tempo de autoclavagem de 30 min, culminando na destoxificação total do farelo de mamona.

Há vários trabalhos (Carrera et al., 2012; Cobianchi et al., 2012; Furtado et al., 2012; Gionbelli et al., 2014; Palmieri et al., 2016), em que foi avaliado o efeito da utilização de subprodutos da mamona em dietas de ruminantes e suas implicações sobre a microbiota ruminal (Oliveira et al., 2010). Porém, a

maioria das pesquisas foi conduzida somente na fase inicial de crescimento e contemplando, em sua grande maioria, apenas machos. Além disso, em nenhuma dessas pesquisas avaliou-se a influência da torta de mamona sobre toda uma fase de produção animal. Muitas vezes essa falta de acurácia ao longo do tempo, devido aos pequenos períodos de avaliação, acaba fornecendo informações que sub ou superestimam o potencial produtivo durante a fase avaliada, refletindo diretamente no potencial produtivo das fases posteriores e no potencial nutritivo dos subprodutos da mamona.

Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa avaliar um processo de destoxificação de forma simples e eficaz da torta de mamona, permitindo, assim, o seu uso na alimentação animal. Aliado a essa premissa, avaliar o efeito dos diferentes tratamentos químicos sobre os parâmetros nutricionais desse subproduto.

Material e Métodos

Local e duração do experimento

A pesquisa foi conduzida de setembro de 2015 a agosto de 2016 na Embrapa Caprinos e Ovinos localizada no município de Sobral-CE.

Matérias-primas utilizadas e o processo de destoxificação

Foi avaliado o uso de dois produtos alcalinos (hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) e hidróxido de sódio (NaOH), na destoxificação das lectinas da torta de mamona, sendo a água o tratamento padrão (testemunha). Inicialmente, adicionou-se à torta de mamona uma mistura equivalente a 60 g e 90 g de reagente e 2000 mL de água por kg de torta de mamona. As proporções químicas analisadas foram baseadas no trabalho de Andrade et al. (2019), obedecendo aos limites que não interferiam no desempenho animal segundo o NRC (National Research Council, 2007).

A torta de mamona bruta foi obtida na usina da Indústria e Comércio de Óleos Vegetais Ltda. OLVEq, localizada no município de Quixadá, a partir da

extração mecânica (prensagem) do óleo da semente, utilizando temperaturas entre 90 °C e 93 °C.

Para a destoxificação da torta de mamona, foi desenvolvido e adaptado um sistema de mistura e secagem em escala semi-industrial. A torta bruta foi destoxificada por meio de adaptação de um misturador semiautomático para homogeneização da solução destoxicante. Para a mistura da solução, foi utilizada uma betoneira estacionária da marca Fischer e modelo MOB 400 G2, equipada com motor trifásico. A quantidade de torta bruta a ser destoxificada na betoneira foi de 50 kg por porção.

O processo de destoxificação consistiu na adição de água à torta de mamona bruta no misturador, com acréscimo de hidróxido de sódio ou hidróxido de cálcio por um tempo de dez minutos, proporcionando a homogeneização do material. Findados os dez minutos, o equipamento foi desligado por um período de 30 minutos para repouso do material. Após o período de repouso, a betoneira foi religada por mais dez minutos e posteriormente desligada. Tal processo ocorreu por um período de oito horas, seguida por 16 horas em repouso.

Após o processo de destoxificação, a torta foi descarregada sobre lona plástica e mantida sob incidência de luz solar direta, até completa secagem. Em seguida, a torta destoxificada e seca foi manualmente ensacada na quantidade de 50 kg para a realização e validação dos ensaios seguintes.

Tratamentos químicos de destoxificação da torta de mamona

A torta de mamona foi destoxificada por meio do uso de dois tratamentos químicos (hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) e hidróxido de sódio (NaOH) em diferentes proporções e 2000 mL de água por quilograma de torta de mamona. Os tratamentos químicos foram: 60 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /2000 mL de H_2O , 90 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /2000 mL de H_2O , 60 g de NaOH /2000 mL de H_2O e 90 g de NaOH /2000 mL de H_2O . As proporções químicas analisadas foram baseadas no trabalho de Andrade et al. (2019).

Composição química das diferentes tortas de mamona obtidas nos processos de destoxificação

Inicialmente, as amostras foram moídas no Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura (LNA) da Embrapa Caprinos e Ovinos, em moinho de facas equipada com peneira de um milímetro e, posteriormente, foram realizadas amostras compostas das tortas de mamonas oriundas do mesmo tratamento químico, analisada posteriormente em duplicata. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) utilizando amilase, fibra em detergente ácido (FDA), proteína indigestível em detergente neutro (PIDN), proteína indigestível em detergente ácido (PIDA), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp), ligninas (método do permanganato de potássio) e hemicelulose, das tortas de mamona destoxificadas e da torta de mamona *in natura*, de acordo com metodologias descritas em Silva e Queiroz (2002).

Extração das proteínas solúveis presentes nas diferentes tortas de mamonas destoxificadas

Para a obtenção das proteínas solúveis das diferentes tortas de mamona, entre elas a ricina e a *Ricinus aglutinina*, procedeu-se a uma mistura da torta de mamona finamente moída, com NaCl 0,15 M, na proporção de 1/10 (p/v). O material foi mantido em agitação durante o período de uma hora. O material resultante da mistura foi acondicionado em tubos falcon de 50 mL e centrifugado a 10000 g a 25 °C por 20 min. Logo após, procedeu-se uma filtragem em um funil com lã de vidro, obtendo-se a parte líquida, denominada de extrato proteico.

Uma alíquota de 10 mL desse material foi congelada e liofilizada. A quantidade restante foi mantida congelada em freezers a -28 °C para caracterização eletroforética.

Caracterização eletroforética das tortas de mamona

No processo de SDS-PAGE, utilizou-se géis de concentração formulados com 50 g kg⁻¹ de poliacrilamida em 125 mM de tampão Tris-HCl, pH 6,8 e géis

de separação com 154 g kg⁻¹ de poliacrilamida em 380 mM de tampão Tris-HCl, pH 8,8, contendo 1 g kg⁻¹ de SDS. As amostras foram dissolvidas (8 mg ml⁻¹) em tampão Tris-HCl, pH 6,8, na presença de 1 g kg⁻¹ de SDS e 5 g kg⁻¹ de β-mercaptoetanol. Em seguida foram aquecidas a 100 °C por três minutos, sendo depositado nos géis volumes de 80 µl. A eletroforese foi realizada a 4 °C durante 150 min a 500 V, 60 mA, e 30 W.

Os padrões de massa molecular (Bio-Rad, Hercules, CA, EUA) foram: miosina (200,0 kDa), β-galactosidase (116,2 kDa), fosforilase b (97,4 kDa), albumina sérica bovina (66,2 kDa), ovalbumina (45,0 kDa), anidrase carbônica (31,0 kDa), inibidor de tripsina (21,5 kDa), lisozima (14,5 kDa, mas com massa molecular aparente de 15,5 kDa), e aprotinina (6,5 kDa). Após a migração, as proteínas foram coradas em 5 g L⁻¹ de R-250 azul de *Coomassie* dissolvido em uma mistura de 500 mL L⁻¹ de etanol e 120 g L⁻¹ de ácido tricloroacético, seguido de descoloração em solução de 300 mL L⁻¹ de etanol e 75 mL L⁻¹ de ácido acético até perfeita visualização das proteínas, momento em que os géis eram escaneados e submetidos a densitometria conforme descrito abaixo.

Densitometria para quantificação da eficiência de degradação das lectinas

Analysaram-se os géis de eletroforese corados com o azul de *Coomassie*, por meio do software ImageJ (National Institutes of Health, USA). Foram mensuradas as áreas dos picos relativos às lectinas citotóxicas (ricina e *Ricinus aglutinina*) das tortas de mamona tratadas com os diferentes reagentes e comparou-se com os picos das lectinas obtidos nos perfis proteicos das tortas de mamona que não passaram por tratamento químico. A estimativa de destoxificação foi calculada dividindo-se a área dos picos das lectinas obtidas nas tortas tratadas pelas áreas das lectinas obtidas nas tortas não tratadas, multiplicando-se por 100, para obter os resultados em porcentagem.

Desenvolvimento de um bioensaio preciso e de fácil aplicabilidade na identificação de lectinas citotóxicas

Para avaliação da eficácia da destoxificação da torta de mamona, foi realizado ensaio de hemaglutinação em hemácias de coelho albino da raça Nova

Zelândia, com quatro anos de idade seguindo metodologia adaptada de Lynn e Clevette-Radford (1986). Todos os procedimentos com animais foram realizados de acordo com os regulamentos da Comissão de Ética da Embrapa Caprinos e Ovinos, sob o protocolo 005/2015. A coleta de sangue foi realizada na veia da orelha após tricotomia e assepsia com álcool, utilizando seringa de 1 mL munida com agulha de insulina.

Após coletar o sangue, este foi transferido para tubo de centrifuga contendo heparina (20 UI mL^{-1} de sangue), homogeneizado lentamente e levado ao laboratório de análises clínicas da Embrapa para obtenção da papa de hemácias. Para tal, o sangue foi lavado três vezes com solução de NaCl 150 mM por meio de centrifugações $1000 \times g$ por 5 min em temperatura ambiente.

A detecção da atividade hemaglutinante foi realizada em placas de micro titulação, seguindo-se a metodologia descrita por Moreira & Perrone (1977). As amostras foram submetidas a diluições seriadas (1/2, 1/4, 1/8...) em NaCl 150 mM. A 50 mL de cada diluição foi adicionado igual volume da suspensão de eritrócitos de coelho a 2%.

Em seguida, as placas foram incubadas em estufa de circulação forçada a 37°C durante uma hora. Após esse período, realizou-se a leitura considerando positivas as amostras que apresentaram aglutinação das hemácias. Utilizou-se como controle positivo 50 μL dos extratos proteicos proveniente da torta de mamona sem tratamento químico e como controle negativo 50 μL NaCl 0,15 M.

Para confirmar a degradação das lectinas, amostras negativas foram dialisadas outra vez, utilizando-se um mL dos extratos proteicos, seguidas de três trocas de 50 mL de água ultra pura durante 24h à temperatura ambiente. Após diálise, as amostras foram congeladas e liofilizadas. O material liofilizado foi diluído em 100 μL de solução salina (NaCl 0,15 M) e submetido a novo bioensaio nelas.

Os resultados são expressos como unidade de hemaglutinação por mL (UH mL^{-1}), sendo definida como o recíproco da maior diluição ainda capaz de provocar aglutinação visível a olho nu. A atividade hemaglutinante específica (UH mg^{-1} de proteína) em uma fração testada foi obtida dividindo-se a atividade de hemaglutinante (UH mL^{-1}) pela quantidade de proteína obtida por mL (mg de proteína mL^{-1}) nessa fração.

Parâmetros sanguíneos e desempenho produtivo de cabritas

Foram utilizadas 24 cabritas com peso corporal médio de $16,22 \pm 0,67$ kg. Os tratamentos consistiram de três dietas, a primeira foi formulada com milho e farelo de soja (FS) e as demais foram formuladas com torta de mamona destoxificada por hidróxido de cálcio (TMD $\text{Ca}(\text{OH})_2$) e outra composta por torta de mamona destoxificada por hidróxido de sódio (TMD NaOH), ambas em total substituição ao farelo de soja. Como volumoso, foi utilizado o feno de capim-tifton 85, moído em partícula de aproximadamente quatro centímetros.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições. As cabras foram submetidas a um regime de confinamento em baias individuais, suspensas e com piso ripado de $5,06 \text{ m}^2$, sendo $2,87 \text{ m}^2$ de área composta por solário, providas de bebedouros, comedouros e saleiros. Em condições pré-experimentais, as cabras foram identificadas, tratadas contra ecto e endoparasitos, e receberam vacina contra raiva, em seguida distribuídas nos tratamentos, passando por um período de adaptação de 15 dias.

As dietas experimentais foram formuladas com base nas recomendações do NRC (National Research Council, 2007), sendo isoproteicas e isoenergéticas com relação volumoso: concentrado de 43:57, 40:60 e 36:64 para a dieta FS, dieta TMD $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e TMD NaOH, respectivamente. A composição química dos ingredientes encontra-se na Tabela 1 e a proporção dos ingredientes e sua composição química com base na relação volumoso: concentrado encontram-se na Tabela 2.

Foram colhidas duas amostras de sangue de cada animal, em um tubo que continha anticoagulante (EDTA) e outro sem anticoagulante. Os tubos com anticoagulante foram direcionados para a dosagem de ureia e proteínas totais, e os sem anticoagulante foram analisados os teores creatinina, bilirrubina direta e total, albumina, fosfatase alcalina, alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), e gama-glutamil transferase (GGT). Para a dosagem de ureia e proteínas totais, o soro foi obtido por centrifugação dos tubos a 3.293 g por 15 minutos, identificado e armazenado em minitubos Eppendorf®, e congelado para análise. Os parâmetros sanguíneos e a creatinina na urina foram analisados com kits comerciais Labtest®, com auxílio de procedimentos colorimétricos.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

Item (g kg ⁻¹ matéria seca)	Ingredientes				
	Feno	Milho	FS ^a	TMD ^b	TMD ^c
Matéria seca (g kg ⁻¹ de MF)	872,50	889,20	870,20	904,20	904,80
Matéria orgânica	911,30	965,90	956,90	867,70	855,60
Matéria mineral ^d	88,70	34,10	43,10	132,30	144,40
Proteína bruta	104,10	79,50	443,30	315,40	309,00
Proteína insolúvel em detergente neutro	27,00	30,20	131,70	100,30	102,70
Proteína insolúvel em detergente ácido	12,30	20,90	40,00	48,80	49,30
Extrato etéreo	14,50	36,80	28,80	52,10	47,50
Carboidratos totais	792,80	845,70	484,70	500,10	492,60
Carboidratos não fibrosos	277,80	722,40	320,80	103,90	132,40
Fibra em detergente neutro	722,70	184,60	217,80	483,40	443,50
FDN corrigido para cinzas e proteína	514,90	123,20	163,80	396,10	360,10
Fibra em detergente ácido	472,20	69,00	117,90	379,20	388,70
Lignina	60,60	8,80	12,20	50,70	46,10
Nutrientes digestíveis totais	546,80	848,00	822,50	620,50	627,90
Energia digestível (MJ kg ⁻¹ MS)	100,70	155,90	151,30	114,10	112,00
Energia metabolizável (MJ kg ⁻¹ MS)	82,80	139,20	134,20	96,60	94,10
Energia líquida (MJ kg ⁻¹ MS)	50,60	81,50	79,00	58,50	56,80

^aFarelo de soja; ^bTorta de mamona destoxificada por hidróxido de cálcio; ^cTorta de mamona destoxificada por hidróxido de sódio; ^dTMD Ca(OH)₂: 0,9 g de Na kg⁻¹ MS e 2,25 g de Ca kg⁻¹ MS; TMD NaOH: 29,2 g de Na kg⁻¹ MS e 0,63 g de Ca kg⁻¹ MS.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química (% na MS) das dietas.

Ingrediente	Dieta		
	Dieta padrão (FS)	TMD Ca(OH) ₂	TMD NaOH
Item (g kg⁻¹ de matéria seca)	Proporção dos ingredientes		
Feno de Capim-tifton 85	427,30	394,90	363,20
Milho moído	460,80	481,90	504,60
Farelo de soja	57,80	-----	-----
Torta de mamona destoxificada	-----	83,30	82,90
Óleo de soja	45,00	39,90	39,20
Calcário	9,10	0,01	10,10
Item (g kg⁻¹ de matéria seca)	Composição química		
Matéria seca (g kg ⁻¹ de matéria fresca)	887,70	896,10	891,80
Matéria orgânica	942,30	897,80	938,10
Matéria mineral	57,70	102,20	61,90
Proteína bruta	112,00	112,90	112,30
Proteína insolúvel em detergente neutro	116,70	116,90	110,50
Proteína insolúvel em detergente ácido	33,00	34,90	35,50
Extrato etéreo	62,00	63,40	65,40
Carboidratos totais	761,40	721,20	751,80
Carboidratos não fibrosos	471,80	468,60	476,80
Fibra em detergente neutro	408,80	409,00	392,30
FDN corrigido para cinza e proteína	287,90	297,60	279,20
Fibra em detergente ácido	349,50	332,00	305,40
Hemiceluloses	166,00	163,60	152,60
Celulose	211,80	221,10	209,30
Ligninas	30,80	32,60	30,30
Nutrientes digestíveis totais	664,90	658,50	663,60
Energia digestível (Mcal kg ⁻¹)	2,93	2,90	2,92
Energia metabolizável (Mcal kg ⁻¹)	2,51	2,48	2,50
Energia líquida (Mcal kg ⁻¹)	1,50	1,49	1,50

Foram realizadas pesagens com intervalos de 15 dias, sempre pela manhã, acompanhado de uma avaliação do escore de condição corporal (ECC), sendo que aos 270 dias determinou-se o peso corporal final (Pcf) para avaliação do desempenho das cabras. Para cálculo do ganho médio diário (GMD), levou-se em consideração: $GMD = ((PCf - PC_{inicial}) / \text{dias em confinamento})$, já para o cálculo da conversão alimentar (CA), levou-se em consideração o consumo de matéria seca (DM) e ganho médio diário (GMD) ($CA = \text{Consumo MS} / GMD$). Utilizou-se como critério para a finalização da fase de crescimento a idade cronológica das cabras (1 ano) para obter-se a idade ao primeiro parto de 17 meses.

Os dados foram submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilks) e de homocedasticidade (Levene) e, atendida as pressuposições, foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para avaliar os efeitos de dieta, procedeu-se à comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento GLM do programa computacional SAS® (Cody 2015).

Resultados e Discussão

Pode-se observar no perfil eletroforético da torta de mamona diluída em 60 gramas de $Ca(OH)_2$, independentemente da quantidade de água, a maior intensidade das bandas de lectinas citotóxicas, localizadas na faixa de peso molecular próxima ao padrão molecular: PM: 31,0 kDa, mostrando, assim, a presença da ricina o que infere na toxidez destes materiais (Figura 1).

O mesmo pode ser observado na torta de mamona tratada com 90 gramas de $Ca(OH)_2$ adicionada de água na quantidade de até 1.500 mL kg^{-1} de torta. Contudo, a partir da adição de 2.000 mL de água por quilo de torta, pode-se observar menor intensidade das bandas de lectinas citotóxicas, localizadas na faixa de peso molecular próxima ao padrão molecular.

A visualização de bandas de proteínas na região inerente às lectinas caracterizam uma possível presença dessas proteínas citotóxicas, necessitando análises de atividade biológica, por meio de ligações aos carboidratos. Portanto, ensaios de aglutinação com hemácias de coelho foram utilizados

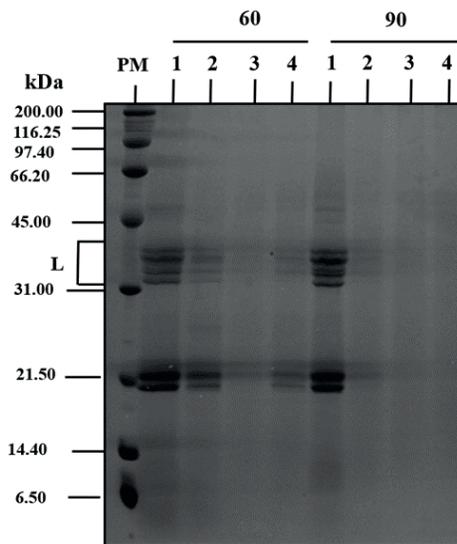


Figura 1. Caracterização eletroforética das proteínas da torta da mamona tratada com hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ em diferentes concentrações (60 e 90 g kg^{-1} , de torta) e níveis de água (1: 1000 mL kg^{-1} , de torta, 2: 1500 mL kg^{-1} , de torta, 3: 2000 mL kg^{-1} , de torta, 4: 2500 mL kg^{-1} , de torta), PM: Marcador de massa molecular (kDa), L: Lectinas.

para avaliar a presença da *Ricinus aglutinina*. Pode-se observar que o uso da água potencializa a ação do $\text{Ca}(\text{OH})_2$, haja vista que a utilização de um litro de água proporcionou a redução de 20 UH mL^{-1} , e à medida que o teor de água aumentou, a atividade hemaglutinante reduziu, sendo que, com as maiores diluições, não houve a presença de atividade hemaglutinante (Figura 2). Dessa forma, pode-se observar que a diluição da TMB com 90 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ diluída tanto em 2.000 mL quanto em 2.500 mL de água proporciona a destoxificação de 100% da TMB, propiciando a redução total da atividade hemaglutinante. Sendo assim, não havendo atividade aglutinante. A função citotóxica das lectinas tóxicas da torta de mamona torna-se ineficaz em células eucariontes (Olsnes; Kozlov, 2001).

Em relação ao uso do NaOH como agente destoxicante da TMD, pode-se observar que, ao contrário do $\text{Ca}(\text{OH})_2$, o uso de somente 60 g desse reagente mostrou-se bem eficiente na redução da lectinas citotóxicas (Figura 3). Observou-se também que apenas a quantidade de 1.500 mL de água proporcionou grande redução das bandas de lectinas.

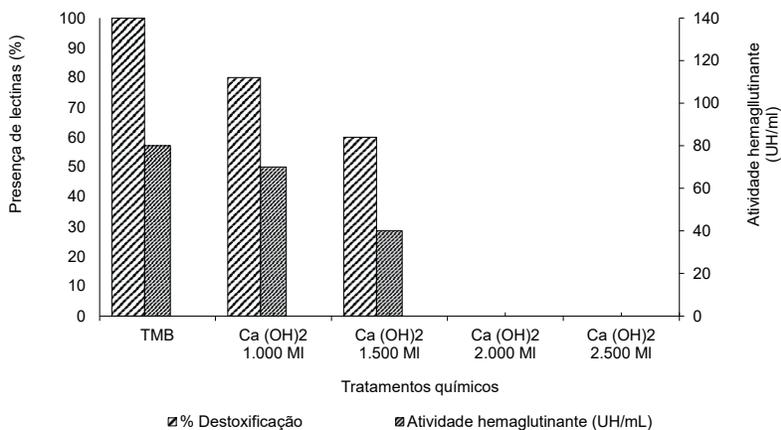


Figura 2. Presença de lectinas citotóxicas (%) e atividades hemaglutinante (UH mL⁻¹) presentes na torta de mamona tratada com 90 g de hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂] em diferentes concentrações de água, obtidos por meio da quantificação das lectinas por densitometria dos géis de eletroforese e ensaio de hemaglutinação com hemácias de coelho.

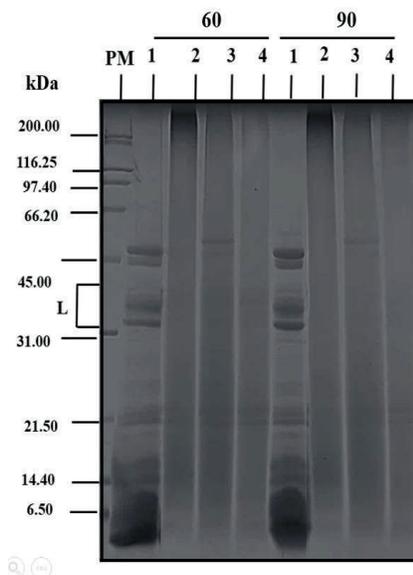


Figura 3. Caracterização eletroforética das proteínas da torta da mamona tratada com hidróxido de sódio (NaOH) em diferentes concentrações (60 g kg⁻¹, e 90 g kg⁻¹, de torta) e níveis de água (1: 1000 mL kg⁻¹, de torta, 2: 1500 mL kg⁻¹, de torta, 3: 2000 mL kg⁻¹, de torta, 4: 2500 mL kg⁻¹, de torta), PM: Marcador de massa molecular (kDa), L: Lectinas.

A quantificação da degradação total das lectinas, pela densitometria dos géis de eletroforese com o uso da TMD pelo NaOH é mostrada na Figura 4, observa-se uma eficiência de 20% de degradação no tratamento com a menor quantidade de água. É interessante observar que apesar da adição de 1.500 mL de água diminuir em 97% a presença das lectinas citotóxicas, a atividade hemaglutinante ainda está presente nesse material (30 UH mL⁻¹). Dessa forma, pode-se inferir de forma direta que somente as concentrações com 2.000 e 2.500 ml de água são eficazes na destoxificação da torta de mamona, haja vista que, além da atividade hemaglutinante estar ausente, a presença das lectinas diminuiu em 100%.

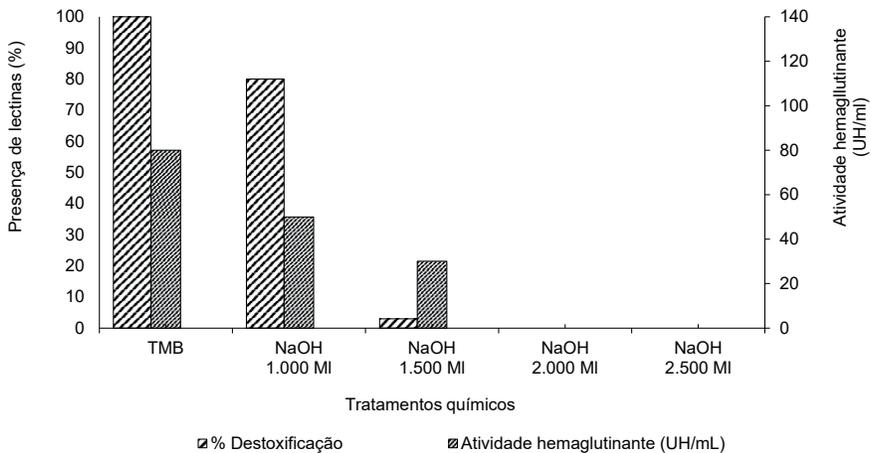


Figura 4. Presença de lectinas citotóxicas (%) e atividades hemaglutinante (UH mL⁻¹) presentes na torta de mamonas tratada com 60 g de hidróxido de sódio (NaOH) em diferentes concentrações de água, obtidos por meio da quantificação das lectinas por densitometria dos géis de eletroforese e ensaio de hemaglutinação com hemácias de coelho.

Apesar dos resultados positivos com 90 g de Ca(OH)₂ e 60 g de NaOH diluídos em 2.000 mL de água kg⁻¹ de TMB, que fica evidente que o material deve estar bem hidratado para facilitar a penetração dos produtos alcalinos na estrutura celular da torta, possibilitando a sua atuação mais completa no processo de hidrólise da ricina, ainda restava testar a hipótese de que um menor tempo de contato poderia ser utilizado para a destoxificação, haja vista que todas as análises até então consistiam de matérias coletados após 24h de contato. Diante disso, outro ensaio (Figura 5) foi realizado para avaliar os

tempos de contato das soluções com a TMB. Para tanto, foram coletadas amostras às 1h; 2h; 3h; 4h; 5h; 6h; 7h e 24h após a mistura.

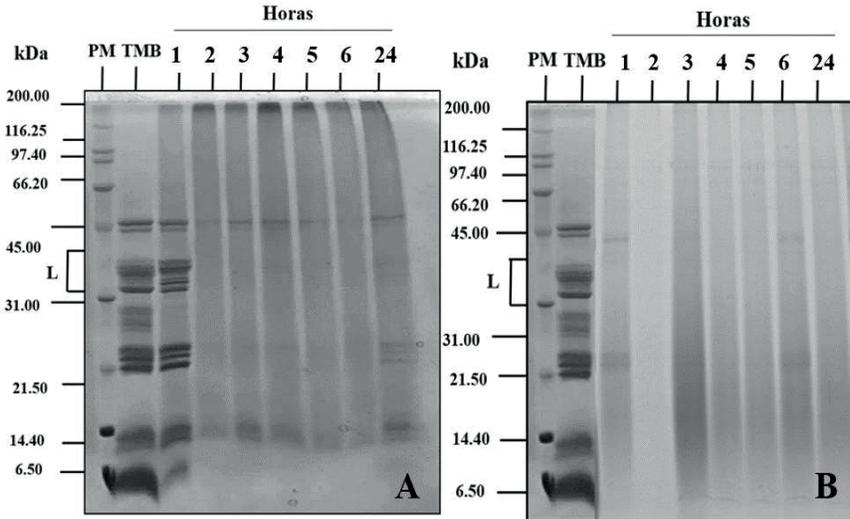


Figura 5. Caracterização eletroforética das lectinas citotóxicas presentes na torta de mamona tratada com hidróxido de cálcio (A) e hidróxido de sódio (B) em diferentes coletas no tempo (horas). PM: Marcador de peso molecular (kDa); L: Lectinas.

Como demonstra a figura, ainda é perceptível a presença das duas cadeias que compõem a ricina no tratamento com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ após uma hora de contato. Pode-se verificar um efeito do tempo, ocorrendo uma ligeira redução no tamanho das bandas de ricina, a partir do momento em que esse material fica mais tempo exposto a ambos os reagentes alcalinos. Em relação ao efeito do NaOH, pode-se observar que as bandas desapareceram de forma significativa logo após uma hora de contato com o material.

Os resultados da densitometria de ambos os géis são mostrados na Figura 6. Percebe-se que após três horas de contato os produtos alcalinos já hidrolisaram a ricina presente na TMB. Verifica-se também que nos processos de destoxificação que se utilizou o hidróxido de sódio, houve uma elevada degradação das lectinas citotóxicas tratadas com essa matéria-prima, havendo a existência apenas de pequenos resquícios de proteínas na área dos géis relativas a elas, com uma intensidade menor quando comparada às obtidas com o hidróxido de cálcio.

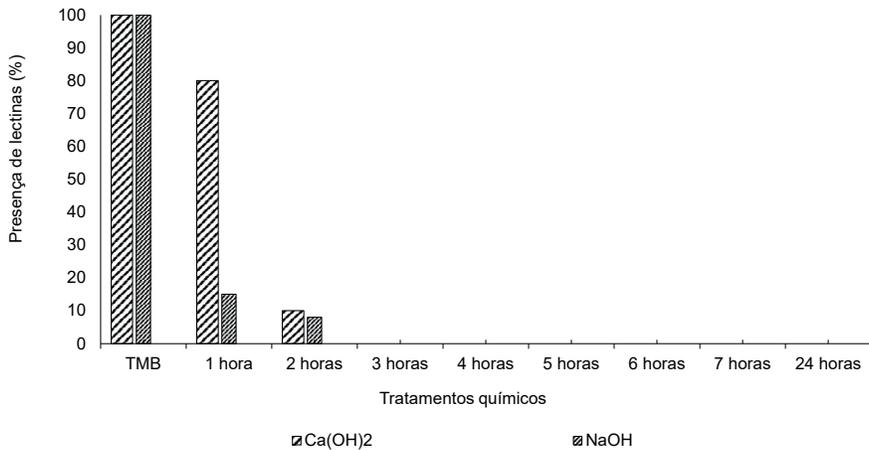


Figura 6. Presença das lectinas citotóxicas presentes na torta da mamona tratada com hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂] e hidróxido de sódio (NaOH) nas proporções de 90 e 60 g, respectivamente, para cada kg de torta diluída em 2.000 mL de água em diferentes coletas no tempo.

Os melhores resultados de destoxificação da torta de mamona apresentados pelos materiais alcalinos podem estar diretamente relacionados à sua natureza química, pois, Anandan et al. (2005) relataram que a ricina é altamente susceptível a álcalis fortes. Apesar de determinados processos químicos não proporcionarem sua completa degradação, quando analisadas por eletroforese, as atividades biológicas foram afetadas, caracterizando sua inativação, devido à desnaturação de sua estrutura tridimensional ocasionada por sua exposição ao pH elevados. Em valores de pH extremos ocorre elevada repulsão eletrostática intramolecular nas proteínas, causada principalmente pela elevada carga líquida na molécula, resultando, assim, em turgidez e seu desdobramento (Damadoran, 1996).

Os diferentes tratamentos alcalinos de destoxificação proporcionaram mudanças no perfil das diferentes frações nitrogenadas que compõem a proteína bruta dietética (Tabela 3). Observou-se efeito ($P < 0,05$) das soluções alcalinas sobre as frações A, B1 e C do perfil proteico das TMD. Houve aumento da fração A na TMD NaOH. Dessa maneira, pode-se inferir que o tratamento químico alcalino à base de NaOH proporciona maior degradação das proteínas solúveis e de degradação intermediária, favorecendo a disponibilização do NNP. Por outro lado, percebeu-se também que os tratamentos alcalinos

impostos à torta de mamona em contrapartida proporcionam redução nos teores da fração indisponível (C), o que representa uma proteína que não será aproveitada pelo animal, sendo maior na TMB. Dessa forma, pode-se dizer que a fração C corresponde às proteínas associadas à lignina, complexos tanino-proteína e produtos oriundos da reação de Maillard, é altamente resistente às enzimas microbianas e indigestível ao longo do trato gastrointestinal (Licitra et al., 1996).

Tabela 3. Fracionamento da proteína bruta de diferentes tortas de mamona tratadas com soluções químicas alcalinas.

Frações (% PB total)	Tortas			EPM ¹	P-valor
	TMB	TMD Ca(OH) ₂	TMD NaOH		
Fração A	21,30c	26,14b	29,00a	2,65	*
Fração B1	7,56a	5,87b	4,28b	0,98	*
Fração B2	54,15	52,67	53,45	3,65	0,564
Fração B3	0,89	0,96	1,25	0,06	0,768
Fração C	16,05a	14,36b	12,00c	0,17	*

¹ **Erro padrão da média.** Médias seguidas de letra comum, minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A fração solúvel (α) das tortas aumentou após o processo de destoxificação (Tabela 4). A TMD Ca(OH)₂ aumentou 10,06% da fração α , já a TMD NaOH 22,53%. Esse resultado pode ser explicado pela redução no teor de fibra das tortas, proporcionando, assim, maior solubilidade da MS. Em relação à fração β , houve aumentos de 13,27 e 26,34%, na mesma ordem. A mesma tendência foi observada para a taxa de degradação (c). As tortas apresentaram taxas de degradação abaixo do recomendado por Sampaio (1988), com exceção da TMD NaOH, para alimentos de boa qualidade, pois quando se trabalha com alimentos de origem vegetal, eles apresentam taxa de degradação satisfatória entre 2% h⁻¹ a 6% h⁻¹.

A degradabilidade efetiva (DE) aumentou após o processo de destoxificação. Esses aumentos se devem ao menor teor de fibra nas TMD por uma possível hidrólise alcalina durante o processo de destoxificação, pois os produtos alcalinos agem sobre a fração fibrosa da célula vegetal, promovendo uma ruptura das pontes de hidrogênio, levando a uma expansão das moléculas de celulose que se tornam mais susceptíveis à ação das enzimas celulolíticas. A DE diminuiu à medida que aumentou a taxa de passagem. Esse resultado

é devido ao menor tempo que o alimento permanece no rúmen, reduzindo, dessa forma, o tempo com que os microrganismos ruminais possam atuar. Percebe-se um discreto aumento da degradabilidade da fração de MS da TMD NaOH quando comparada a TMD $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Figura 7).

Tabela 4. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* (α , β e c) da MS e degradabilidade efetiva da MS nas taxas de passagem de $2\% \text{ h}^{-1}$, $5\% \text{ h}^{-1}$ e $8\% \text{ h}^{-1}$ das tortas de mamona bruta e após a destoxificação.

Torta	Parâmetros de degradação			A	R^2	Degradação efetiva (%)		
	α (%)	β (%)	c ($\% \text{ h}^{-1}$)			$2\% \text{ h}^{-1}$	$5\% \text{ h}^{-1}$	$8\% \text{ h}^{-1}$
TMB ^a	21,76	43,54	1,24	78,87	97,84	44,12	36,87	32,34
TMD ^c	23,95	49,32	1,63	82,27	97,72	45,09	37,44	33,13
TMD ^c	28,09	59,11	2,08	87,20	96,64	46,38	37,07	33,40

^a Torta de mamona bruta. ^b Torta de mamona destoxificada por hidróxido de cálcio. ^c Torta de mamona destoxificada por hidróxido de sódio.

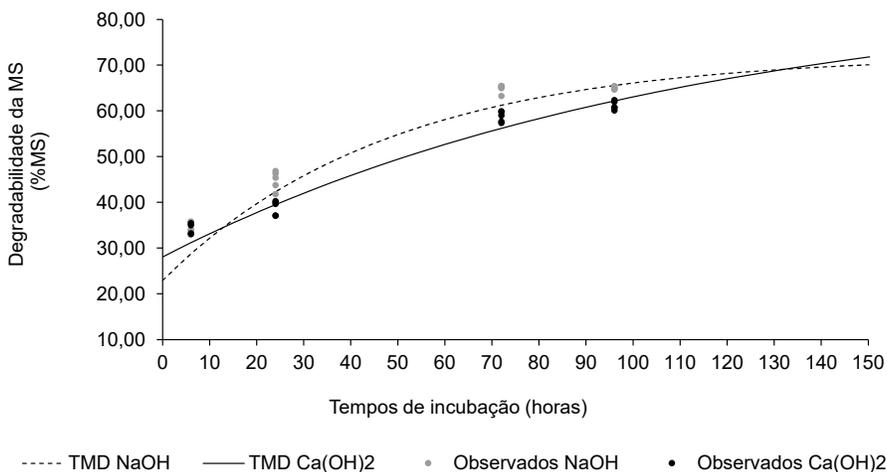


Figura 7. Degradabilidade da MS das tortas de mamonas destoxificadas por hidróxido de cálcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] e hidróxido de sódio (NaOH).

A maior degradação da MS da TMD NaOH, provavelmente, ocorreu devido à alta solubilidade do NaOH, pois essa base é formada por um metal alcalino, o que lhe confere maior solubilidade em água, dando-lhe maior con-

tato com os carboidratos estruturais. Já o Ca(OH)_2 é formado por um metal alcalino-terroso, o que o deixa menos solúvel. Vale ressaltar que o NaOH utilizado no processo de destoxificação apresentava pureza para análise (P.A) de 98%, que pode ter aumentado ainda mais seu poder de solubilização dos componentes fibrosos da torta de mamona, principalmente quando comparada aos NaOH comerciais que apresentam pureza de 50% a 73%. Com base nessas informações, percebe-se que a TMD NaOH apresenta maior potencial para utilização, pois melhora a qualidade do material tratado. Contudo, outros fatores devem ser levados em consideração, pois o tratamento com hidróxido de sódio apresenta alguns inconvenientes, tais como: maior cuidado no manuseio; excesso de sódio na dieta, nas fezes e na urina; e problemas de contaminação ambiental. Esses incrementos na fração solúvel observados na TMD NaOH podem proporcionar um maior suprimento de compostos nitrogenados não proteicos para microrganismos que fermentam carboidratos estruturais e, conseqüentemente, incremento na disponibilidade proteica ao longo do trato gastrointestinal.

É interessante ressaltar que a torta de mamona bruta apresentou menor degradação da MS, possivelmente, pela qualidade da fibra presente na mamona. Apesar de não ter sido realizada análise de cutina nesse experimento, Oliveira et al. (2010), que trabalharam com farelo de mamona na dieta de ovinos, encontraram um elevado teor de cutina na FDN do farelo de mamona. De acordo com Van Soest (1994), a cutina é a fração da lignina, presente na epiderme dos tecidos das plantas, o que confere proteção superficial. Com isso, apresenta-se como uma barreira ao ataque de microrganismos ruminais reduzindo a degradação. A presença da cutina pode ser confirmada pela grande presença de casca de mamona oriunda do processo de descascamento ainda na indústria, que pode variar entre 9,5% e 16%, reduzindo a qualidade da torta. O aumento no valor da degradabilidade da matéria seca na torta de mamona tratada com NaOH em comparação à TMD Ca(OH)_2 , confirma a ideia da maior atuação dos agentes alcalinos na parede celular. Segundo Kategile et al. (1981), a solução aquosa de NaOH pode hidrolisar os constituintes da parede celular, melhorando o valor nutritivo de alimentos de baixa qualidade.

Houve efeito ($P < 0,05$) dos tratamentos químicos sobre os teores de MO, MM, EE e FDN (Tabela 5). Observou-se que o teor de MO de ambas as TMD foram menores do que as TMB devido, provavelmente, ao aumento na quan-

tidade de matéria mineral (MM) adicionado pelos agentes alcalinos às TMD. O aumento na MM pode ser explicado pela formação de sais de cálcio e sódio. O sódio do NaOH pode se unir a íons provenientes da própria TMB ou da água adicionada e formar o cloreto de sódio. Como o NaCl possui ponto de ebulição de 1465 °C (Lide, 2006), a sua presença na TMD faz com que a MM desse subproduto seja maior. Além do mais, a metodologia utilizada para a quantificação da MM foi descrita pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (Helrich, 2005), em que a temperatura máxima atinge 600 °C.

Tabela 5. Composição químico-bromatológica da torta de mamona bruta (TMB) e após a destoxificação (TMD) por diferentes produtos alcalinos.

Composição (g kg ⁻¹ de MS)	Tortas			EPM ¹	P-valor
	TMB	TMD Ca(OH) ₂	TMD NaOH		
MS (g kg ⁻¹ de MF)	89,05	90,42	90,48	8,76	0,765
MO	88,88a	86,77b	85,56b	7,76	*
MM	11,12b	13,23a	14,44a	1,09	*
PB	32,07	31,54	30,90	2,87	0,564
EE	6,27a	5,21b	4,75b	0,87	*
FDN	48,08a	45,34b	44,35b	3,25	*

¹Erro padrão da média. Médias seguidas de letra comum, minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observou-se redução do extrato etéreo após o processo de destoxificação. Possivelmente essa diminuição seja atribuída ao efeito dos hidróxidos na saponificação da gordura. Percebe-se uma diminuição da fração fibrosa de ambas as TMD quando comparadas à TMB. Provavelmente a alta solubilidade do Ca(OH)₂ e NaOH proporcionou maior solubilidade em água, ocasionando a hidrólise alcalina das frações fibrosas, tornando-as mais solúveis. A redução verificada nos teores de FDN pode ser atribuída ao efeito de ambos os reagentes alcalinos na desestruturação da parede celular, fato esse já bastante reportado na literatura, pois os eles proporcionam desestruturação dos complexos ligno-celulósicos, promovendo a solubilização da hemicelulose e a expansão da celulose, facilitando o ataque de microrganismos do rúmen à parede celular (Van Soest, 1994). Tal efeito possibilita o melhor aproveitamento dos nutrientes pelos animais, visto que grande parte do conteúdo celular pode estar ligada à parede celular e, conseqüentemente, menos disponível para a nutrição dos ruminantes.

Em relação ao desempenho produtivo das cabritas, observou-se que não houve efeito ($P > 0,05$) das dietas sobre o GMD e o GPT (Tabela 6), considerando-se o número de dias necessários para as cabritas atingirem o peso que as habilitem a entrarem em estação de monta, o que corresponde a 70% do peso de uma matriz adulta, seriam necessários 237 dias e 242 dias para aquelas alimentadas com dietas contendo FS e TMD Ca(OH)_2 , respectivamente. Tal resposta é bastante relevante, uma vez que a recria é uma fase que dentro de uma propriedade leiteira, representam uma grande fonte de gastos, sobretudo com alimentos, em especial àqueles considerados “nobres”, como é o caso do farelo de soja. A conversão alimentar foi influenciada ($P < 0,05$) pelas dietas, em que as cabras que consumiram as dietas com TMD apresentaram melhor conversão alimentar.

Tabela 6. Ganho médio diário (GMD), ganho de peso total (GPT) e conversão alimentar (CA) em cabritas de aptidão leiteira recriadas e alimentadas com dietas com torta de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja.

Parâmetros	Dietas			EPM ¹	P-valor
	Farelo de soja	TMD Ca(OH)_2	TMD NaOH		
GMD (g dia ⁻¹)	109,64	107,28	99,49	6,91	0,565
GPT (kg)	25,82	26,07	25,66	1,67	0,985
CA (kg kg ⁻¹)	9,36b	8,56a	8,59a	0,63	0,015

¹ Erro padrão da média. Médias seguidas de letra comum não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A ausência de efeito da inclusão da torta de mamona sobre o desempenho das cabras durante a fase de recria justifica o uso potencial da TMD, independente do produto alcalino usado na destoxificação. Nesse contexto, deve-se considerar o custo unitário do nutriente proteína em relação às fontes proteicas convencionais disponíveis, uma vez que o custo do farelo de soja é de R\$ 1.530/tonelada. O valor estimado da torta de mamona destoxificada por Ca(OH)_2 é de R\$ 1.071,48/tonelada.

Outro fator importante a ser considerado é o manuseio de tratamento empregado à torta de mamona, pois o tratamento com hidróxido de sódio apresenta desvantagens, como: maior cuidado no manuseio do produto; excesso de sódio na dieta, nas fezes e na urina; e problemas de contaminação ambiental (Fahey Junior et al., 1993). Além disso, o baixo custo do hidróxido de cálcio (R\$ 0,52/quilograma) frente ao hidróxido de sódio (R\$ 4,92/quilograma)

é mais uma vantagem. O valor estimado para destoxificar de 1 quilograma de torta de mamona com hidróxido de sódio é de R\$ 0,32, enquanto que para destoxificar a mesma quantidade de torta com o hidróxido de cálcio, o valor é reduzido para R\$ 0,07/quilograma de torta (Araújo, 2019), o que viabiliza o uso dessa fonte química para destoxificar a torta de mamona visando sua utilização como ingrediente na ração de ruminantes.

Quanto aos parâmetros sanguíneos, houve influência ($P < 0,05$) das dietas sobre os valores de creatinina, bilirrubina direta, ALT, AST e GGT (Tabela 7) e não foi observada ($P > 0,05$) influência sobre a bilirrubina total, proteínas totais, albumina, fosfatase alcalina. Além disso, houve efeito ($P < 0,05$) das dietas sobre o teor de ureia sanguínea, em que as maiores quantidades foram observadas para as cabras alimentadas com FS.

Observaram-se maiores valores de creatinina nas cabras alimentadas com TMD Ca(OH)_2 . Os valores médios de bilirrubina direta, ALT, AST e GGT foram maiores nas cabras alimentadas com FS. Para a GGT, não foi observada diferença entre as cabras alimentadas com FS e TMD Ca(OH)_2 e desta última com as cabras alimentadas com TMD NaOH.

Para os parâmetros renais e hepáticos, observaram-se maiores teores de creatinina nas cabras alimentadas com TMD Ca(OH)_2 (Tabela 7). A creatinina é um bom indicador da função glomerular em ruminantes, porém as concentrações observadas não indicam algum tipo de nefropatia, pois segundo Kaneco et al. (2008), para caprinos, são normais os valores entre $0,7 \text{ mg dL}^{-1}$ a $1,5 \text{ mg dL}^{-1}$. A bilirrubina direta está relacionada à renovação de hemácias e é um bom indicador de problemas hepáticos, porém assim como a creatinina, os valores observados estão dentro do permitido para animais dessa categoria ($0,00 \text{ mg dL}^{-1}$ a $0,15 \text{ mg dL}^{-1}$). As maiores concentrações de bilirrubina direta nas cabras alimentadas com FS podem estar relacionadas aos maiores consumos de PB e, portanto, maior taxa metabólica de compostos nitrogenados, que, por sua vez, aumentam a taxa de circulação sanguínea, diminuindo, assim, o tempo de vida das hemácias, elevando, dessa forma, a produção de bilirrubina a partir da hemoglobina.

Os maiores valores de ureia sanguínea foram observados nas cabras que consumiram FS, valor esse que está um pouco acima da referência que é de 10 mg dL^{-1} a 20 mg dL^{-1} (Kaneco et al., 2008). É importante lembrar que os níveis de ureia sanguínea sofrem interferência, principalmente do teor de

proteína consumida. Nesse sentido, observa-se que os altos níveis de ureia sanguínea nas cabras alimentadas com FS são consequência do alto teor de proteína consumida, e não da existência de uma hepatopatia, pois a amônia produzida durante o metabolismo do nitrogênio no rúmen, que não é utilizada pelos microrganismos, é absorvida pela parede ruminal. A reciclagem de ureia tem significativa contribuição para os ruminantes, principalmente para animais com baixo consumo de PB, porém o maior consumo de PB deu-se nas cabras alimentadas com dietas contendo FS, o que provavelmente fez com que o teor de ureia circulante fosse maior, a qual está relacionada à maior excreção de nitrogênio na urina. Nas demais dietas, os níveis de ureia plasmática foram considerados normais, ou seja, dentro do padrão.

Tabela 7. Creatinina (CRE), bilirrubina direta (BD), bilirrubina total (BT), proteínas totais (PT), albumina (ALB), ureia (URE), fosfatase alcalina (FA), alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST) e gamma-glutamyl-transferase (GGT) em cabritas de aptidão leiteira criadas e alimentadas com dietas com torta de mamona destoxificada.

Parâmetros	Dietas			EPM ¹	P-valor
	Farelo de soja	TMD Ca(OH) ₂	TMD NaOH		
CRE (mg dL ⁻¹)	0,83b	1,09a	0,81b	0,06	*
BD (mg dL ⁻¹)	0,14a	0,08b	0,10b	0,03	*
BT (mg dL ⁻¹)	0,53	0,55	0,51	0,06	0,877
PT (g dL ⁻¹)	5,50	6,27	6,95	0,37	0,408
ALB (g dL ⁻¹)	2,05	1,97	2,21	0,09	0,210
URE (mg dL ⁻¹)	21,67a	19,52ab	17,06b	0,87	*
FA (IU L ⁻¹)	4,65	5,33	4,74	0,72	0,547
ALT (IU L ⁻¹)	19,75a	13,62b	11,57b	1,08	0,803
AST (IU L ⁻¹)	112,09a	67,66b	67,03b	4,97	0,648
GGT (IU L ⁻¹)	70,71a	62,65ab	55,57b	3,55	*

¹ Dieta farelo de soja. ² Torta de mamona destoxificada por hidróxido de cálcio. ³ Torta de mamona destoxificada por hidróxido de sódio. ⁴ Erro padrão da média.

Médias seguidas de letra comum, minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para as cabras que se alimentaram do FS, observou-se maior atividade hepática (Tabela 7), pois apresentaram maiores teores de ALT, AST e GGT, porém para a GGT não foi observado diferença para as cabras alimentadas com TMD NaOH, que, por sua vez, foi igual às das cabras que consumiram TMD Ca(OH)₂. De acordo com Kaneko et al. (2008), animais saudáveis apresentam intervalos de 6 UI L⁻¹ a 19 UI L⁻¹ e 66 UI L⁻¹ a 230 e UI L⁻¹ quanto à ALT e AST, respectivamente.

Apesar das variações, todas essas enzimas estão dentro do padrão para animais dessa categoria, exceto a GGT, aos quais as cabras que consumiram a dieta com FS apresentaram maiores valores. A GGT é uma enzima que é encontrada em membranas celulares, estando envolvida na transferência de aminoácidos por meio da membrana celular, principalmente nos hepatócitos (Kaneko et al., 2008), sendo, portanto, um bom indicativo de lesão hepática nos ruminantes, desde que seja excluída a possibilidade de ocorrência de lesões musculares e cardíacas, e está associada com a ocorrência de intoxicação por ricina em ratos e ovinos (Kumar et al., 2003; Aslani et al., 2007). Essa alteração observada pode estar relacionada ao maior aporte de amônia no sangue das cabras que consumiram FS, pois como foi visto, o teor de ureia no sangue (Tabela 7) e a quantidade de nitrogênio excretado foram maiores nestas cabras, demonstrando que o oferecimento da TMD aos animais não provocou nenhum tipo de lesão no fígado e nos rins.

Conclusões

O uso de produtos químicos alcalinos, como hidróxido de cálcio e hidróxido de sódio nas concentrações de 90 g e 60 g por quilo de torta de mamona bruta, ambos diluídos em 2.000 mL de água, permitem uma completa inativação das lectinas presentes na torta de mamona. Recomenda-se que a solução destoxicante fique em contato com a torta de mamona por no mínimo três horas, podendo ser secado em seguida.

Ensaio de aglutinação com hemácias de coelho são eficientes na avaliação da presença de ricina em torta de mamona.

Os tratamentos químicos influenciam diretamente no valor nutritivo e aproveitamento da proteína dietética das tortas de mamona destoxicadas, proporcionando alimentos com diferentes características nutricionais.

As tortas de mamonas destoxificadas por soluções alcalinas em substituição ao farelo de soja demonstram ser uma alternativa viável na alimentação de cabras na fase de recria, podendo diminuir os custos de produção sem afetar o desempenho produtivo, nem tampouco a funcionalidade hepática e renal.

Referências

- ANANDAN, S.; ANIL KUMAR, G. K.; GHOSH, J.; RAMACHANDRA, K. S. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v. 120, n. 1/2, p. 159-168, May, 2005. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.10.002>
- ANDRADE, I. R. A. de; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; FEITOSA, T. S.; BOMFIM, M. A. D.; SALLES, H. O.; EGITO, A. S. do. Inactivation of lectins from castor cake by alternative chemical compounds. **Toxicon**, v. 160, p. 47-54, Feb. 2019. DOI: [10.1016/j.toxicon.2019.02.003](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.02.003)
- ARAÚJO, R.A. **Torta de mamona destoxificada por soluções alcalinas em dietas de fêmeas caprinas leiteiras**. 2019. 310 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- ASLANI, M. R.; MALEKI, M.; MOHRI, M.; SHARIFIA, K.; NAJJAR-NEZHADA, V.; AFSHARI, E. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicos is in a sheep flock. **Toxicon**, v. 49, n. 3, p. 400-406, Mar. 2007. DOI:[10.1016/j.toxicon.2006.10.010](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2006.10.010)
- BORJA, M. S.; OLIVEIRA, R. L.; SILVA, T. M.; BEZERRA, L. R.; NASCIMENTO JÚNIOR, N. G.; BORJA, A. D. P. Effectiveness of calcium oxide and autoclaving for the detoxification of castor seed meal in finishing diets for lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 231, n. 5, p. 76-78, Sep. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.07.001>
- CARRERA, R. A. B.; VELOSO, C. M.; KNUPP, L. S.; SOUZA JÚNIOR, A. H. S.; DETMANN, E.; LANA, R. de P. Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1202-1211, maio, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000500018>
- COBIANCHI, J. V.; OLIVEIRA, A. S. de; CAMPOS, J. M. de S.; GUIMARÃES, A.V.; VALADARES FILHO, S. de C.; COBIANCHI, F.P.; OLIVEIRA, T. E. S. de. Productive performance and efficiency of utilization of the diet components in dairy cows fed castor meal treated with calcium oxide. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 10, p. 2238-2248, out. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012001000015>
- CODY, R. **An introduction to SAS® university edition**. Cary: SAS Institute, 2015. 366 p.
- COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LIMA, V. L. A. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 1., 2004, Campina Grande. **Energia e sustentabilidade; anais**. [Campina Grande: Embrapa Algodão 2004]. 1 CD-ROM.
- DAMADORAN, S. **Amino Acids, Peptides and Proteins**. In: FENNEMA, R. O., **Food Chemistry**, 3rd Edition, CRC Press, New York, 321-416, 1996.
- DANG, L.; VAN DAMME, E. J. M. Toxic proteins in plants. **Phytochemistry**, v. 117, p. 51-64, Sept. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.05.020>
- FAHEY JUNIOR, G. C.; BOURQUIN, L. D.; TITGEMEYER, E. C.; ATWELL, D. G. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value. In: JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.;

HATFIELD, R. D.; RALPH, J. (Ed.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1993. p. 715-766.

FURTADO, R. N.; CARNEIRO, M. S. S.; CÂNDIDO, M. J. D.; GOME, F. H. T.; PEREIRA, E. S.; POMPEU, R. C. F. F.; SOMBRA, W. A. Valor nutritivo de dietas contendo torta de mamona submetida a métodos alternativos de destoxificação para ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 1, p. 155-162, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352012000100022>

GIONBELLI, T. R. S.; VELOSO, C. M.; GIONBELLI, M. P.; NOVAIS, M. A. S.; SILVA, A. L.; ESPECHIT, C. J. B.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, O. G.; CUNHA, C. S.; ALCÂNTARA, P. H.; VIRGÍNIO JUNIOR, G. F. DUARTE, M. S. Utilization of castor bean meal treated with calcium hydroxide fed wet or dry by lambs. **Livestock Science**, v. 168, p. 76-83, Oct. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.08.012>

HELDRICH, K. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. Washington, D.C: AOAC, 2005. v. 1.

KANEKO J. J.; HARVEY J. W.; BRUSS M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6th ed. San Diego: Academic Press, 2008. 916 p.

KATEGILE, J.; URIO, N. A.; SUNDSTOL, F.; MZHIRWA, Y. G. Simplified method for alkali treatment of low-quality roughages for use by smallholders in developing countries. **Animal Feed Science and Technology**, v. 6, n. 5, p. 133-143, 1981.

KIM, S. K.; HANCOCK, D. K.; WANG, L.; COLE, K. D.; REDDY, P. T. Methods to Characterize ricin for the development of reference materials. **Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology**, v. 111, n. 7, p. 313-324, 2006.

KUMAR, O.; SUGENDRAN, K.; VIJAYARAGHAVAN, R. Oxidative stress associated hepatic and renal toxicity induced by ricin in mice. **Toxicol**, v. 41, n. 8, p. 333-338, Mar. 2003. DOI: [10.1016/S0041-0101\(02\)00313-6](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(02)00313-6)

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 57, n. 4, p. 347-358, Mar. 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)

LIDE, D. R. (Ed.). **CRC handbook of chemistry and physics**. 87th ed. Boca Raton: CRC Press: Taylor and Francis, 2006. 2388 p.

LYNN, K.R., CLEVETTE-RADFORD, N.A. Lectins from latices of Euphorbia and Elaeophorbium species. **Phytochemistry**, v. 25, n. 7, p. 1553-1557, 1986. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)81207-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)81207-8)

MOREIRA, R.A. & PERRONE, J.C. Purification and partial characterization of a lectin from the seeds of Phaseolus vulgaris. **Plant Physiology**, v. 59, p. 783-787, 1975.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. National Research Council. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Goat Nutrition. **Nutrient requirements of small ruminants sheep, goats, cervids, and New World camelids**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2007. 362 p.

OLIVEIRA, A. S. de; OLIVEIRA, M. R. C.; CAMPOS, J. M. S.; LANA, R. P.; MACHADO, O. L. T.; RATAMAL, C. A.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. In vitro ruminal degradation of ricin and its effect on microbial growth. **Animal Feed Science and Technology**, v. 157, n. 1/2, p. 41-54, Apr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.01.006>

OLSNES, S.; KOZLOV, J. V. Ricin. **Toxicol**, v. 39, n. 11, p. 1723-1728, 2001.

PALMIERI, A. D.; CARVALHO, G. G. P. de; TOSTO, M. S. L.; LEITE, V. M.; SANTOS, S. A.; BORJA, M. S.; AZEVÉDO, J. A. G., FREITAS JÚNIOR, J. E. de; LEITE, L. C.; AYRES, M. C. C.; RUFINO, L. M. de A. Nutritional and productive performance of goats kids fed diets with detoxified castor meal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, p. 81-92, Jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.015>

SAMPAIO, I. B. M. **Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. 1988. 214 f. Thesis (Doctor in Fisiology) - University of Reading, Reading.

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

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.



Caprinos e Ovinos



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 15.749