



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

YOHANA ROSALY CORRÊA

**FARELO DE MAMONA DESTOXIFICADO COMO ADITIVO PARA ENSILAGEM DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETA DE OVINOS CONFINADOS**

AREIA
2024

YOHANA ROSALY CORRÊA

**FARELO DE MAMONA DESTOXIFICADO COMO ADITIVO PARA ENSILAGEM DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETA DE OVINOS CONFINADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Mauro Santos

Coorientadores: Profa. Dra. Juliana Silva
de Oliveira

Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C824f Corrêa, Yohana Rosaly.

Farelo de mamona destoxificado como aditivo para
ensilagem de cana-de-açúcar em dieta de ovinos
confinados / Yohana Rosaly Corrêa. - Areia:UFPB/CCA,
2024.

78 f.

Orientação: Edson Mauro Santos.

Coorientação: Juliana Silva de Oliveira, Geovergue
Rodrigues de Medeiros.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Aditivo. 3. Ganho de peso. 4.
Histopatologia. 5. Ricinus communis. 6. Saúde animal.
I. Santos, Edson Mauro. II. Oliveira, Juliana Silva de.
III. Medeiros, Geovergue Rodrigues de. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.2)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
UFPB – UFC**

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: “FARELO DE MAMONA DESTOXIFICADO COMO ADITIVO PARA ENSILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETAS DE OVINOS CONFINADOS”

AUTORA: YOHANA ROSALY CORRÊA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON MAURO SANTOS

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Edson Mauro Santos
Presidente
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine
Examinador
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Francisco Naysson de Sousa Santos
Examinador
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Gildênia Araújo Pereira
Examinador
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Prof. Dr. Ricardo Romão Guerra
Examinador
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Areia, 26 de fevereiro de 2024

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

YOHANA ROSALY CORRÊA, filha de Alcy Antônio Corrêa e Lúcia Maria Corrêa, nasceu em 11 de abril de 1991 na cidade de Bananeiras-PB. No dia 09 de agosto de 2011 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, *Campus* II, Areia-PB, obtendo o título de Zootecnista em julho de 2016. Em novembro de 2016 iniciou o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba, obtendo título de Mestra em Zootecnia em novembro de 2018. No dia 02 de março de 2020 iniciou a graduação em Medicina Veterinária na Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, *Campus* de Patos-PB, obtendo o título de Médica Veterinária em dezembro de 2023. Ainda no dia 02 de março de 2020 iniciou o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba, concentrando seus estudos na área de produção de ruminantes.

Aos meus pais, Alcy A. Corrêa e Lúcia M. Corrêa

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a **DEUS**, fonte de toda sabedoria e força, por guiar meus passos ao longo de toda minha trajetória acadêmica.

Aos meus **AMADOS PAIS**, Alcy e Lúcia, expresso minha eterna gratidão pelo incessante apoio e amor incondicional. Sem a presença de vocês, esta conquista não faria o menor sentido.

Aos meus **QUERIDOS AMIGOS**: Danillo Marte, Luana Magna, Guilherme Medeiros, Alyne Coutinho, Paloma Gabriela, Gilberto Sobral, Francisco Naysson, Mikaele Dutra, Hactus Souto e Liliane Santana. Verdadeiros companheiros de jornada, agradeço por todos os momentos compartilhados, pelo apoio mútuo e pelas inúmeras experiências que enriqueceram minha vida pessoal e acadêmica. Este trabalho é uma conquista compartilhada com vocês, fruto do apoio generoso que permeou cada passo. Que estas palavras expressem a magnitude da gratidão que carrego em meu coração. **CONTEM SEMPRE COMIGO!**

Aos queridos amigos que fizeram parte da antiga formação do Grupo de Estudos em Forragicultura (**GEF/UFPB**) e do laboratório de Produtos de Origem Animal (**LAPOA/UFPB**), guardo com orgulho, carinho e saudades os dias que compartilhamos. Sem dúvida, foi um período marcado pelas melhores experiências.

Aos professores que foram meus **ORIENTADORES** ao longo da minha vida acadêmica: Dra. Patrícia Emília Naves Givisiez, Dr. Edson Mauro Santos, Dra. Juliana Silva de Oliveira, Dr. Paulo Sérgio de Azevedo e Dr. Glauco José Nogueira de Galiza. Agradeço por cada ensinamento, pela paciência e confiança depositada e por todas as oportunidades que gentilmente me proporcionaram.

Estendo esses agradecimentos aos **DEMAIS PROFESSORES, COLEGAS e MENTORES** que contribuíram significativamente para o meu desenvolvimento acadêmico, tanto no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, quanto no Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (**PPGZ/UFPB**), ao professor Dr. Edilson Paes Saraiva e a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal do Nível Superior (**CAPES**) pela concessão da bolsa.

Ao Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros e amigos do Instituto Nacional do Semiárido (**INSA/MCTI**), minha profunda gratidão por toda ajuda e apoio oferecidos durante minha breve passagem por lá.

Aos Doutores Liv e Manoel (**EMBRAPA**), meus sinceros agradecimentos por toda a assistência prestada durante toda a condução do experimento.

Agradeço ainda a cidade de **AREIA-PB**, que foi minha casa durante esses últimos 12 anos, cidade linda, que me acolheu tão bem, tão amada e considerada por mim: “O melhor lugar do mundo”. Minha eterna gratidão por cada momento vivido e por todos os amigos que fiz ao longo desse tempo...

Por fim, agradeço a todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, seja por meio de incentivos, discussões construtivas ou simplesmente pela presença **POSITIVA** em minha jornada.

Que nosso trabalho possa vir a contribuir de alguma maneira para o avanço do conhecimento no campo da **ZOOTECNIA** e da **MEDICINA VETERINÁRIA**.

Obrigada...

**“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei.
Se não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.
As facilidades nos impedem de caminhar.
Mesmo as críticas nos auxiliam muito”**

Chico Xavier

RESUMO GERAL

CORRÊA, YOHANA ROSALY. Farelo de mamona destoxificado como aditivo para ensilagem de cana-de-açúcar em dieta de ovinos confinados. UFPB, 2024, 78p, Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

Objetivou-se avaliar o consumo, a digestibilidade, o desempenho, os parâmetros sanguíneos e histopatológicos de ovinos confinados alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar aditivada com níveis de farelo de mamona destoxificada (FMD). Foram utilizados 24 ovinos machos não-castrados, com peso corporal médio de $16 \pm 0,75$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro níveis de inclusão do farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar (0, 10, 20 e 40% na matéria natural). Observou-se efeito linear para os consumos de proteína bruta ($P = 0,038$) e extrato etéreo ($P = 0,001$), com médias variando de 0,151 a 0,128 kg/dia e de 0,068 a 0,044 kg/dia, respectivamente. Houve linear para digestibilidade da proteína bruta ($P = 0,001$) e extrato etéreo ($P = 0,018$), com valores médios variando de 754,174 a 472,875 g/dia e de 813,017 a 725,080 g/dia, respectivamente. Contudo, não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de farelo de mamona destoxificado (FMD) sobre o peso final, ganho total, ganho médio diário, conversão alimentar e eficiência alimentar dos ovinos, constatando-se médias de 23,785, 6,637, 0,138, 8,418 e 0,1212 kg/dia, respectivamente. No segundo capítulo objetivou-se avaliar os parâmetros sanguíneos e histopatológicos dos ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis de FMD seguindo o mesmo protocolo experimental do capítulo 1. As amostras de sangue foram coletadas no primeiro e no quadragésimo oitavo dia experimental. Amostras de fígado, rim e rúmen foram coletadas após o abate para análises histopatológicas. Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para as variáveis de espessura do epitélio e largura da papila, em função dos níveis de FMD, com valores mínimos estimados pelo modelo de regressão nos níveis de 0,69% e 1,22% de FMD, respectivamente. Quanto à variável de porção queratinizada, houve efeito linear ($P < 0,05$), com valores variando de 32,28 a 50,44 mm. Observou-se um efeito ($P < 0,05$) isolado do tempo para as variáveis de hemoglobina ($P = 0,0043$), hematócrito ($P = 0,0067$) e volume corpuscular médio ($P = 0,0068$). Ao comparar o primeiro dia com o quadragésimo oitavo, constatou-se um aumento na maioria das variáveis de eritrograma, exceto para as variáveis: eritrócitos no nível de 0% e CHCM nos níveis de 10, 20 e 40%. Houve interação ($P = 0,0149$) entre os níveis de FMD e o tempo para os monócitos. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de FMD nos tempos 1 e 48 dias, apresentando médias de 5,174 e 3,166, respectivamente. Em relação com fator tempo dentro de cada nível de FMD, observou-se diferença ($P < 0,05$) nos níveis de 0, 20 e 40% de FMD, com os maiores valores para os monócitos sendo observados no 1º dia de coleta, não diferindo entre si. Contudo, não houve diferença do tempo no nível de 10% de FMD. Recomenda-se, portanto, a inclusão de até 40% do farelo de mamona destoxificado para utilização na silagem de cana-de-açúcar em dietas de ovinos sem causar impactos negativos na saúde dos animais.

Palavras-chave: aditivo; ganho de peso; histopatologia; *ricinus communis*; saúde animal.

GENERAL ABSTRACT

CORRÊA, YOHANA ROSALY. Detoxified castor bean meal as an additive for sugarcane silage in the diet of confined sheep. UFPB, 2024, 78p, Thesis (Doctorate in Animal Science) – Federal University of Paraíba, Areia.

The aim was to evaluate the consumption, digestibility, performance, blood and histopathological parameters of confined sheep fed diets containing sugar cane supplemented with levels of detoxified castor bean meal (DBM). A total of 24 non-castrated male sheep with an average body weight of 16 ± 0.75 kg were used in a completely randomized design with four treatments and six replicates. The treatments consisted of four levels of inclusion of castor bean bran in sugar cane silage (0, 10, 20 and 40% in natural matter). A linear effect was observed for crude protein ($P = 0.038$) and ether extract ($P = 0.001$) intakes, with averages ranging from 0.151 to 0.128 kg/day and from 0.068 to 0.044 kg/day, respectively. There was a linear trend for the digestibility of crude protein ($P = 0.001$) and ether extract ($P = 0.018$), with average values ranging from 754.174 to 472.875 g/day and from 813.017 to 725.080 g/day, respectively. However, there was no effect ($P > 0.05$) of the levels of DBM on the final weight, total gain, average daily gain, feed conversion and feed efficiency of the sheep, with averages of 23.785, 6.637, 0.138, 8.418 and 0.1212 kg/day, respectively. The second experiment aimed to evaluate the blood and histopathological parameters of confined sheep fed sugarcane silage supplemented with levels of FMD, following the same experimental protocol as in experiment 1. Blood samples were taken on the first and forty-eighth experimental days. Liver, kidney and rumen samples were collected after slaughter for histopathological analysis. A quadratic effect ($P < 0.05$) was observed for the epithelium thickness and papilla width variables as a function of DBM levels, with minimum values estimated by the regression model at 0.69% and 1.22% DBM levels, respectively. As for the keratinized portion variable, there was a linear effect ($P < 0.05$), with values ranging from 32.28 to 50.44 mm. There was an isolated effect ($P < 0.05$) of time for the variables hemoglobin ($P = 0.0043$), hematocrit ($P = 0.0067$), and mean corpuscular volume ($P = 0.0068$). When comparing the first day with the forty-eighth, there was an increase in most of the erythrogram variables, except for the following: erythrocytes at the 0% level and MCHC at the 10, 20 and 40% levels. There was an interaction ($P = 0.0149$) between DBM levels and time for monocytes. There was no effect ($P > 0.05$) on DBM levels at 1 and 48 days, with averages of 5.174 and 3.166, respectively. To the time factor within each level of DBM, there was a difference ($P < 0.05$) in the levels of 0, 20 and 40% DBM, with the highest values for monocytes being observed on the 1st day of collection, which did not differ from each other. However, there was no difference in time at the 10% DBM level. It is therefore recommended that up to 40% of detoxified castor bean meal be included in sugar cane silage for use in sheep diets without causing negative impacts on animal health.

Key-words: additive; weight gain; histopathology; *ricinus communis*; animal health.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na composição das dietas experimentais com base na matéria seca	35
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais utilizadas em ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado (base na matéria seca).....	35
Tabela 3. Consumo dos nutrientes dos ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado	40
Tabela 4. Digestibilidade dos nutrientes dos ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado	41
Tabela 5. Desempenho dos ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado.....	41
Tabela 6. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na composição das dietas experimentais com base na matéria seca	57
Tabela 7. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais utilizadas em ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado com base na matéria seca.....	58
Tabela 8. Variáveis histomorfométricas (mm) do epitélio ruminal de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado	63
Tabela 9. Médias, erros-padrão das médias e probabilidade dos testes F dos valores de eritrograma de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado	65

Tabela 10. Médias, erros-padrão das médias e probabilidade dos testes F para as variáveis de leucograma de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado 67

Tabela 11. Score de reservas de glicogênio hepático, frequência de scores por tratamento e percentual de alanina aminotransferase e fosfatase alcalina de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado 68

Tabela 12. Alterações histológicas observadas nos rins de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado em concentrações crescentes 69

LISTA DE ABREVIATURAS

AGCC	Ácidos Graxos de Cadeia Curta
ALT	Alanina Aminotransferase
CA	Conversão Alimentar
CCNF	Consumo De Carboidratos Não Fibrosos
CEE	Consumo De Extrato Etéreo
CEUA	Comitê de Ética para Uso de Animais
CCHOT	Consumo de Carboidratos Totais
CFDN	Consumo De Fibra Em Detergente Neutro
CHCM	Hemoglobina Corpuscular Média
CHOS	Carboidratos Solúveis
cm	Centímetro
CMO	Consumo De Matéria Orgânica
CMS	Consumo De Matéria Seca
CNF	Carboidrato Não Fibroso
CPB	Consumo De Proteína Bruta
DCNF	Digestibilidade Dos Carboidratos Não-Fibrosos
DEE	Digestibilidade Do Extrato Etéreo
DFDN	Digestibilidade da Fibra Em Detergente Neutro
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
DMO	Digestibilidade Da Matéria Orgânica
DMS	Digestibilidade De Matéria Seca
DPB	Digestibilidade Da Proteína Bruta
EA	Eficiência Alimentar
EE	Espessura De Epitélio
EE	Extrato Etéreo
EPM	Erro Padrão Da Média
ETM	Espessura de Tecido Muscular
FA	Fosfatase Alcalina
FDA	Fibra Em Detergente Ácido
FDN	Fibra Em Detergente Neutro
FDNi	Fibra Em Detergente Neutro Indigestível

FM	Farelo de Milho
FMD	Farelo de Mamona Destoxificado
FS	Farelo de Soja
G	Gramas
GMD	Ganho Médio Diário
GP	Ganho de Peso
GT	Ganho Total
kg	Quilograma
LP	Largura de Papila
mm	Milimetro
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
MM	Matéria Mineral
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
NRC	Nutrient Research Council
PB	Proteína Bruta
PC	Peso Corporal
PF	Peso Final
PP	Proteína Plasmática
PQ	Porção Queratinizada
PV	Peso Vivo
SC	Silagem de Cana-de-Açúcar
TNT	Tecido Não Tecido
VCM	Volume Corpuscular Médio
VPM	Volume Plaquetário Médio

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
REFERÊNCIAS.....	23
CAPÍTULO I.....	28
Consumo, digestibilidade e desempenho de ovinos alimentados com dietas a base de silagem de cana-de-açúcar com níveis de farelo de mamona destoxificado	28
1 INTRODUÇÃO	31
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1 Princípios éticos da experimentação e área experimental	33
2.2 Delineamento experimental.....	33
2.3 Confeção da silagem para o confinamento	34
2.4 Desempenho produtivo de ovinos e protocolo sanitário	34
2.5 Análises laboratoriais	38
2.6 Análise estatística	39
4 DISCUSSÃO	42
5 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS.....	47
CAPÍTULO II.....	51
Adição do farelo de mamona destoxificado na silagem de cana-de-açúcar sobre parâmetros sanguíneos e histopatológicos de ovinos confinados.....	51
1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1 Princípios éticos da experimentação e área experimental	56
2.2 Delineamento experimental.....	56
2.3 Período experimental e protocolo sanitário.....	57
2.4 Parâmetros sanguíneos.....	58

2.5 Procedimentos de Abate	59
2.6 Coleta histopatológicas e análises laboratoriais	59
2.7 Análise estatística	60
3 RESULTADOS	62
4 DISCUSSÃO	70
5 CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS.....	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....	78

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção de biocombustíveis é amplamente reconhecida como uma estratégia promissora, tanto pela sua capacidade de mitigar crises no abastecimento de combustíveis fósseis quanto por representar uma fonte sustentável de energia renovável (Rocha *et al.*, 2022).

Além disso, devido à crescente demanda por alimentos de origem animal e vegetal, torna-se essencial explorar ingredientes alternativos para a formulação de dietas para animais, visando evitar a competição com ingredientes também consumidos diretamente na alimentação humana. Uma alternativa aos ingredientes tradicionalmente utilizados nas dietas de ruminantes são os subprodutos da indústria de biodiesel, destacando-se, entre eles, aqueles derivados da mamona (Araújo *et al.*, 2020).

Na região Nordeste do Brasil, onde há grande sazonalidade no suprimento de forragens causada pela precipitação pluvial irregular, planos de incentivos vêm sendo elaborados a fim de favorecer o cultivo de oleaginosas adaptadas a essas adversidades (Araújo *et al.*, 2020). A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta da família *Euphorbiaceae* que se inclui neste contexto e tem recebido apoio de programas governamentais para cultivo no Semiárido Brasileiro (Chakrabarty *et al.*, 2021).

De acordo com dados do IBGE, no ano de 2022 o Estado da Bahia responde por 90% da produção de mamona na região Nordeste, destacando-se pela significativa vantagem competitiva dessa cultura, que combina baixos custos de produção com excelente adaptação às condições climáticas adversas, especialmente à seca. Essas características tornam a mamona uma alternativa viável e promissora para a produção e manejo na região. Em 2022, a produção de mamona no Brasil teve uma contribuição econômica e agrícola expressiva, com a Bahia consolidando-se como o maior produtor nacional. O valor da produção atingiu cerca de 77.155 mil reais, com uma quantidade total de 25.489 toneladas colhidas em uma área de 45.170 hectares. Apresentando um rendimento médio de 564 kg por hectare, refletindo a eficiência da cultura. Em termos de infraestrutura, 14.929 estabelecimentos estavam envolvidos no cultivo da mamona em 2017, evidenciando a importância dessa cultura para a economia agrícola do país (IBGE, 2022).

As sementes da mamona apresentam um rendimento equitativo de 50% óleo e 50% coproduto (Macagnan *et al.*, 2022), onde após a extração do óleo, são geradas grandes quantidades de coprodutos, utilizados principalmente na fabricação de detergentes, cosméticos, produtos farmacêuticos, lubrificantes e laxantes (Gowda *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2011; Tunaru *et al.*, 2012), além ainda de serem usadas na indústria de biodiesel (Silva César; Batalha, 2010; Iyer, 2011).

O processo de extração do óleo gera cerca de 1,2 t de coproduto rico em proteína por tonelada de óleo extraído (Alarcon *et al.*, 2021). Atualmente, o uso principal desse bioproduto é como fertilizante orgânico. No entanto, ele também possui propriedades desejáveis para uso na alimentação animal (Diniz *et al.*, 2011), embora deva ser previamente destoxificado (Worbs *et al.*, 2011), devido principalmente a presença de fatores antinutricionais, como a ricina (proteína), a ricinina (alcaloide) (ambas específicas para galactose (Michael Lord; Spooner, 2011) e letais para células eucarióticas) e o CB-1A (complexo alergênico), que podem limitar a utilização do farelo de mamona na alimentação animal.

A ricina é uma proteína dimérica que constitui cerca de 1,5 % do farelo de mamona (Savy Filho, 2005) e sua toxicidade é exercida através da inibição da síntese proteica pela inativação irreversível da subunidade ribossomal 28S (Endo; Tsurugi, 1988; Hu *et al.*, 2002).

Considerada um potente inibidor da síntese de proteínas celulares, sendo composta por duas cadeias polipeptídicas diferentes (A e B) ligadas por uma simples ponte dissulfeto (Sehgal *et al.*, 2010). A cadeia A é caracterizada como uma proteína inativadora de ribossomos do tipo II (RIP II) catalítica, enquanto a cadeia B é caracterizada como uma lectina específica para galactose (Michael Lord; Spooner, 2011; Roy *et al.*, 2015).

Segundo Abbes *et al* (2021), o mecanismo de ação da ricina começa com a ligação da cadeia B aos carboidratos localizados na parede celular, seguida por um processo de endocitose em membranas vesiculares e seu transporte via endossomos para o complexo de Golgi. Em seguida, ocorre o transporte retrógrado para o retículo endoplasmático. A partir do retículo endoplasmático, a cadeia A se desconecta da cadeia B e é translocada para o citosol. No citosol, a cadeia A inativa os ribossomos removendo uma adenina na posição 4324 do rRNA 28S na subunidade ribossômica 60S (Walsh *et al.*, 2013).

A ação citotóxica da cadeia A é tão alta que uma simples molécula causa a destruição dos ribossomos celulares a uma taxa maior do que a capacidade de produção de novos ribossomos (Olsnes e Kozlov, 2001), levando à morte celular. Em humanos, a dose letal de ricina foi estimada em 5–10 µg/kg de peso corporal, quando a toxina é inalada ou injetada; e em 1–20 mg/kg de peso corporal quando ingerida (Kreuzer *et al.*, 2013).

Em animais, a dose letal de ricina quando ingerida por frangos é de 140–170 mg/kg de peso corporal; em suínos, de 13 a 65 mg/kg de peso corporal; em coelhos, de 9 a 45 mg/kg de peso corporal; e em equídeos, de 1 a 5 mg/kg de peso corporal (Garland e Bailey, 2006; Hosseini *et al.*, 2023).

Com relação aos ruminantes, Alexander *et al.* (2009) relataram que os bovinos são relativamente tolerante a níveis mais elevados de ricina na dieta por períodos de exposição mais longos, pois novilhas adaptadas toleraram uma ingestão média de ricina de 20 mg/kg de peso corporal.

Os ovinos, por sua vez, toleram aproximadamente 1,4 mg/kg de peso vivo por dia, mas com alterações morfológicas em vários tecidos. Comparado à ricina, a ricinina é uma proteína tetramérica com altas propriedades aglutinantes e baixa toxicidade (Sehgal *et al.*, 2010), constituída por duas cadeias A e duas cadeias B (Olsnes; Kozlov, 2001).

Por outro lado, a ricinina não é considerada um fator limitante para o uso do farelo de mamona na alimentação animal, pois possui baixa atividade tóxica associado à pequena concentração nas sementes (Anandan *et al.*, 2005). Já a albumina 2S é um complexo alergênico CB-1A (“Castor Bean Allergen”) formado por um complexo de proteínas e polissacarídeos, não tóxico, termicamente estável, porém, com ação altamente alergênica (Silva *et al.*, 2012).

Segundo Worbs *et al.* (2011), a diferença de toxicidade entre a ricinina e a ricina é muito pronunciada, sendo a ricinina cerca de 100 a 2000 vezes menos tóxico do que a ricina. Confirmando sua baixa toxicidade em comparação à ricina, uma única molécula de cadeia A de ricinina pode inativar cerca de 100 ribossomos por minuto, enquanto uma cadeia A de ricina inativa cerca de 1500 ribossomos (Saltvedt, 1976).

Nesse sentido, é de fundamental importância o monitoramento dos níveis ideais de utilização do farelo de mamona na alimentação animal, especialmente em relação à presença destes fatores anti-nutricionais, os quais podem acarretar danos à saúde

e conseqüentemente ao desempenho dos animais caso esse material não passe por um processo de destoxificação. Alguns danos causados pela ricina reportados na literatura são a degeneração tubular necrótica, glomerulonefrite membranosa, congestão renal (Botha; Penrith, 2009; Nagy *et al.*, 2023), hemorragia, necrose multifocal em órgãos linfoides, anorexia, apatia, cólica e diarreia (Armién *et al.*, 1996; Bianchi *et al.*, 2018).

De acordo com Akande *et al.* (2015), vários métodos de destoxificação são utilizados no tratamento da torta ou farelo de mamona, a saber: físicos (calor e pressão), químicos (uso de álcali, soda cáustica, ácidos, fosfato mono e dicálcico, ureia, amônia, sais, taninos, etc.), biotecnológicos (microorganismos e genética), e a combinação de dois ou mais métodos.

Estudos foram conduzidos com o objetivo de determinar o método mais eficiente de destoxificação da torta e farelo de mamona, permitindo assim seu uso na alimentação animal, com foco principal na eliminação da ricina (Anandan *et al.*, 2005; Furtado *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2010; Pompeu *et al.*, 2012; Gomes *et al.*, 2017; Furtado *et al.*, 2020). Dentre os métodos avaliados, o método de prensagem e dessolventização é considerado o menos oneroso para a indústria, tornando-se o mais utilizado, apesar de apresentar níveis residuais de toxinas.

A extração de óleos vegetais com solventes é comumente realizada em escala industrial, com o hexano sendo o solvente mais utilizado atualmente (Osorio-González *et al.*, 2020). Após a extração, o solvente é removido por destilação e pode ser condensado para reutilização (Mata *et al.*, 2011).

Borja *et al.* (2017) desenvolveram um processo misto de destoxificação, combinando o tempo de autoclavagem com a quantidade de CaO, demonstrando que é possível reduzir o nível de CaO para 10 g/kg, associado a um tempo de autoclavagem de 30 minutos, resultando na destoxificação completa do farelo de mamona.

Andrade *et al.* (2019), ao trabalhar com a inativação de lectinas da torta de mamona por meio de compostos químicos alternativos, observou que a desintoxicação pode ser alcançada utilizando hidróxido de sódio em quantidades iguais ou superiores a 60 g e 1500 mL de água por quilo de torta. Além disso, o uso de óxido de cálcio também mostrou ser eficaz na desintoxicação completa da torta de mamona quando se utiliza 90 g do produto químico e 2500 mL de água por quilo de

torta. Ensaios de hemaglutinação com eritrócitos de coelho demonstraram maior eficiência na avaliação da desintoxicação da torta de mamona em comparação com métodos tradicionais, como a eletroforese, embora o processo tenha exigido o uso de grandes volumes de água.

Junto a essa premissa, há uma escassez de dados sobre um método eficiente e de fácil aplicação que adote técnicas de avaliação de destoxificação por meio de ensaios de atividade. Por outro lado, um método de destoxificação que tem ganhado destaque é biológico, em que agentes microbianos degradam as toxinas e/ou compostos antinutricionais. Como o FMD pode conter resíduos tóxicos ainda do processamento industrial, com o processo de ensilagem, pode-se garantir que o produto fornecido aos animais será livre de substâncias danosas à saúde (Ramos *et al.*, 2011; Pelitire; Down; Cheng, 2014).

Recentemente, alguns trabalhos avaliaram o FMD como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar (Santos *et al.*, 2013; Bispo, 2019; Ferreira, 2021; Lira *et al.*, 2024), visto que ela possui alto potencial de fermentação, porém, tem alta produção de etanol e perdas de matéria seca (Ávila *et al.*, 2014).

A produção de etanol na silagem de cana-de-açúcar pode atingir até 23%, resultando em perdas de até 30% da matéria seca (MS) durante o processo de fermentação, o que compromete o valor nutritivo do produto. Para garantir uma boa qualidade da silagem de cana-de-açúcar, é essencial a aplicação de técnicas adequadas, incluindo o uso de aditivos que controlem a fermentação alcoólica (EMBRAPA, 2011). O uso de aditivos é, portanto, um fator de grande importância para a conservação do material (Pedroso, 2003).

A fermentação alcoólica da cana-de-açúcar ocorre geralmente em condições naturais dentro do silo, onde leveduras nativas, ou epífitas, convertem açúcares em etanol, água e CO₂. Esse processo leva à redução do valor nutritivo e a perdas significativas durante a fermentação e após a abertura do silo (Pedroso *et al.*, 2005). Para diminuir essas perdas e alterar a principal rota fermentativa nas silagens de cana, têm sido utilizados aditivos químicos, biológicos e sequestradores de umidade a fim de inibir a população de leveduras ou bloquear a via fermentativa de produção de álcool (Silva *et al.*, 2020).

Portanto, diversos aditivos, incluindo sequestradores de umidade, têm sido utilizados na produção de silagem de cana-de-açúcar para aprimorar o processo fermentativo e melhorar a qualidade do produto final (Santos *et al.*, 2010).

Um potencial aditivo seria o FMD por promover a absorção da umidade e elevar o teor de matéria seca (Silva *et al.*, 2011), permitindo controlar as leveduras por meio da redução da atividade de água, além de promover um efeito de diluição dos carboidratos solúveis presentes na cana-de-açúcar.

Além disso, devido aos baixos teores de proteína na cana-de-açúcar, a utilização de um aditivo proteico na ensilagem, como o FMD, ajudaria a compensar essa deficiência, reduzindo a necessidade de incluir altas proporções de farelo de soja, por exemplo, acarretando em aumento dos custos de produção. Desse modo, a utilização de farelo de mamona destoxificado como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar, pode elevar o teor de MS, melhorar o valor nutricional, reduzir as perdas de matéria seca e, por fim, ter no processo fermentativo um aliado na eliminação de resíduos tóxicos remanescentes do processamento industrial.

Este aproveitamento auxilia na redução dos custos de produção, já que a região nordeste apresenta baixa produtividade de grãos para formulação de rações concentradas tradicionais, visto que o confinamento com uso de altos níveis de concentrado tem se tornado uma prática cada vez mais comum, visando reduzir a idade de abate e obter carcaças de alta qualidade. No entanto, um dos principais desafios dessa prática é o elevado custo de produção. Uma vez que a alimentação representa o maior componente do custo, assim, a incorporação de alimentos alternativos, como o farelo de mamona destoxificado, surge como uma estratégia viável. Uma vez que este pode substituir ingredientes como o farelo de algodão ou o farelo de soja (Naufel *et al.*, 1962; Queiroga *et al.*, 2021), que frequentemente constituem os componentes mais onerosos das dietas. Com isso, a utilização do farelo de mamona destoxificado como concentrado proteico pode, portanto, representar uma alternativa eficaz para reduzir os custos associados a esses sistemas de confinamento (Vieira *et al.*, 2012)

Desse modo, faz-se necessário determinar o nível ideal de mistura destes ingredientes que promova uma boa fermentação, tenha um bom valor nutritivo, elimine as toxinas e favoreça um bom desempenho animal, sem que haja prejuízos quanto à sanidade geral e do sistema digestivo dos animais no curto e médio prazo. O objetivo

do estudo foi avaliar o consumo, a digestibilidade, o desempenho, os parâmetros sanguíneos e histopatológicos de ovinos confinados alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar aditivada com níveis de farelo de mamona destoxificada (FMD).

REFERÊNCIAS

ABBES, M. *et al.* Ricin poisoning: A review on contamination source, diagnosis, treatment, prevention and reporting of ricin poisoning. **Toxicon**, v. 195, p. 86-92, 2021.

AKANDE, T. O.; ODUNSI, A. A.; AKINFALA, E. O. A review of nutritional and toxicological implications of castor bean (*Ricinus communis* L.) meal in animal feeding systems. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 2, p. 201-210, 2016.

ALARCON, R. T. *et al.* Opportunities for the use of Brazilian biomass to produce renewable chemicals and materials. **ChemSusChem**, v. 14, n. 1, p. 169-188, 2021

ALEXANDER, J. *et al.* Nitrite as undesirable substances in animal feed. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. **EFSA Journal**, v. 1017, p. 1-47, 2009.

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**, 120:159-168, 2005.

ANDRADE, I. R. A. *et al.* Inactivation of lectins from castor cake by alternative chemical compounds. **Toxicon**, v. 160, p. 47-54, 2019.

ARAÚJO, R. A. *et al.* Detoxified castor in the diets of dairy goats: I. Effects on intake, digestibility, and renal and hepatic parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020.

ARMIÉN, A. G. *et al.* Spontaneous and experimental glycoprotein storage disease of goats induced by *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa* (Convolvulaceae). **Veterinary Pathology**, v. 44, n. 2, p. 170-184, 2007.

ÁVILA, C. L. S. *et al.* The use of *Lactobacillus* species as starter cultures for enhancing the quality of sugar cane silage. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 2, p. 940-951, 2014.

BIANCHI, M. V. *et al.* Intoxicação espontânea por *Ricinus communis* em ovinos. **Acta scientiae veterinariae**, Porto Alegre, RS, Vol. 46, supl. 1 (2018), Pub. 294, 4 p., 2018.

BISPO, S. V. **Farelo de mamona destoxificada na ensilagem de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, p. 71, 2019.

BORJA, M. S. et al. 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, p. 76-88, 2017.

BOTHA, C. J.; PENRITH, M. L. Potential plant poisonings in dogs and cats in southern Africa. **Journal of the South African Veterinary Association**, 80, 63-74, 2009.

CHAKRABARTY, S. et al. Castor (*Ricinus communis*): An Underutilized Oil Crop in the South East Asia. In **Agroecosystems—Very Complex Environmental Systems**; IntechOpen: London, p. 61, UK, 2021.

DINIZ, L. L. et al. Castor bean meal for cattle finishing: 1—Nutritional parameters. **Livestock Science**, v. 135, n. 2-3, p. 153-167, 2011.

EMBRAPA. Prosa Rural - Silagem de cana-de-açúcar como alimento para bovinos na época da seca. **Portal Embrapa**. Abril, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2411258/prosa-rural---silagem-de-cana-de-acucar-como-alimento-para-bovinos-na-epoca-da-seca# 27 :~:text=familiar%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20animal-,Prosa%20Rural%20%2D%20Silagem%20de%20cana%2Dde%2Da%C3%A7%C3%BAcar%20como%20alimento,bovinos%20na%20%C3%A9poca%20da%20seca&text=A%20silagem%20de%20cana%2Dde,alimento%20e%20em%20qualidade%20nutritiva>.

ENDO, Y.; TSURUGI, K. The RNA N-glycosidase activity of ricin A-chain. **The Journal of Biological Chemistry**, 263:8735-8739, 1988.

FERREIRA, J. C. S. **Silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona detoxificado na dieta de ovinos**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p. 75, 2021.

FURTADO, R. N. et al. 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, p. 155-162, 2012.

FURTADO, R. N. et al. Intake, digestibility and nitrogen balance in sheep fed diets containing detoxified castor cake. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, p. e20175992, 2020.

GARLAND, T.; BAILEY, E. M. Toxins of concern to animals and people. **Revue scientifique et technique-Office international des épizooties**, v. 25, n. 1, p. 341, 2006.

GOMES, F. H. T. et al. Consumo, comportamento e desempenho em ovinos alimentados com dietas contendo torta de mamona. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 182-190, 2017.

GOWDA, N. K. S. *et al.* Evaluation of castor (*Ricinus communis*) seed cake in the total mixed ration for sheep. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 2, p. 216-220, 2009.

HOSSEINI, Azar *et al.* A comprehensive and mechanistic review on protective effects of kaempferol against natural and chemical toxins: Role of NF- κ B inhibition and Nrf2 activation. **BioFactors**, v. 49, n. 2, p. 322-350, 2023.

HU, R. G. *et al.* Bioactivities of ricin retained and its immunoreactivity to anti-ricin polyclonal antibodies alleviated through pegylation. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, 34:396–402, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de mamona. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mamona/br>. Acesso em: 26 mai. 2024.

KREUZER, H. W.; WEST, J. B.; EHLERINGER, J. R. Forensic applications of light-element stable isotope ratios of *Ricinus communis* seeds and ricin preparations. **Journal of Forensic Sciences**, v. 58, p. S43-S51, 2013.

LORD, J. M.; SPOONER, R. A. Ricin trafficking in plant and mammalian cells. **Toxins**, v. 3, n. 7, p. 787-801, 2011.

LYER, R. Comments on the use of fatty acid methyl esters of linseed and castor oil as biodiesel. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 88, n. 8, p. 1271-1273, 2011.

MACAGNAN, R. *et al.* Expeller Soybean Meal: Evaluation of Holstein Cow Production and in Vitro Ruminal Kinetic. **Boletim de Indústria Animal**, v. 79, 2022.

MATA, T. M. *et al.* A. Sustainability considerations of biodiesel based on supply chain analysis. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 13, p. 655-671, 2011.

NAGY, A.-L. *et al.* Emerging Plant Intoxications in Domestic Animals: A European Perspective. **Toxins**, v. 15, n. 7, p. 442, 2023.

NAUFEL, F. *et al.* Efeitos comparativos da administração de farelos de torta de mamona atoxicada, de soja e de algodão na dieta de vacas em lactação. **Boletim da indústria Animal**, Nova Odessa, v. 20, p. 47-53, 1962.

OLIVEIRA, A. S. *et al.* Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castorseed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology**, v. 158, n. 1-2, p. 15-28, 2010.

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

OSORIO-GONZÁLEZ, C. S. *et al.* Production of Biodiesel from Castor Oil: A Review. **Energies**, v. 13, p. 2467, 2020.

PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003, 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A. F. *et al.* Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 5, p. 427-432, 2005.

PELITIRE, S. M.; DOWD, M. K.; CHENG, H. N. Acidic solvent extraction of gossypol from cottonseed meal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 195, p. 120–128, 2014.

POMPEU, R. C. F. F. *et al.* Desempenho produtivo e características de carcaça de ovinos em confinamento alimentados com rações contendo torta de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 726-733, 2012.

QUEIROGA, V. P. *et al.* Tecnologias Utilizadas no Cultivo da Mamona (*Ricinus communis*) Mecanizada. **AREPB: Béziers, France**, 2021.

RAMOS, A. H. *et al.* Biometria, histologia e morfometria do sistema digestório do cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) de vida livre. **Biotemas**, v. 24, n. 4, p. 111-119, 2011.

ROCHA, A. C. *et al.* The industrial process of solvent extraction of castor oil reduces the toxicity of the meal. **Industrial Crops and Products**, v. 181, p. 114800, 2022.

ROY, Chad J. *et al.* Thermostable ricin vaccine protects rhesus macaques against aerosolized ricin: Epitope-specific neutralizing antibodies correlate with protection. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 12, p. 3782-3787, 2015.

SALTVEDT, E. Structure and toxicity of pure ricinus agglutinin. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, v. 451, n. 2, p. 536-548, 1976.

SÁNCHEZ, R. *et al.* Tribological characterization of green lubricating greases formulated with castor oil and different biogenic thickener agents: a comparative experimental study. **Industrial Lubrication and Tribology**, v. 63, n. 6, p. 446-452, 2011.

SANTOS, M. V. F. *et al.* Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 232, p. 25-43, 2010.

SANTOS, P. A. *et al.* Farelo de mamona na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, 10:2814-2827, 2013.

SAVY FILHO, A. Mamona: tecnologia agrícola. Campinas: **Emopi**, 105p., 2005.

SEHGAL, P. *et al.* Purification, characterization and toxicity profile of ricin isoforms from castor beans. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 11, p. 3171-3176, 2010.

SILVA CÉSAR, A.; BATALHA, M. O. Biodiesel production from castor oil in Brazil: A difficult reality. **Energy Policy**, v. 38, n. 8, p. 4031-4039, 2010.

SILVA, M. S. *et al.* Utilização de metodologia de planejamento experimental para destoxicação do farelo de mamona (*Ricinus communis* L.) em secador elétrico de bandeja. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 14:167-176, 2012.

SILVA, T. C. *et al.* Populações microbianas, perfil fermentativo e composição de silagens de capim-elefante com jaca. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 230, p. 247-255, 2011.

SILVA, V. L. *et al.* Cana energia e produção de silagem como estratégia para alimentação animal. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 1-13, 2020.

TUNARU, S. *et al.* Castor oil induces laxation and uterus contraction via ricinoleic acid activating prostaglandin EP3 receptors. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 23, p. 9179-9184, 2012.

VIEIRA, M. M. M. *et al.* Análise bioeconômica da substituição do farelo de soja pelo de mamona para ovinos em confinamento. **Revista ACSA – OJS**, V. 8, n. 4, p. 07 - 15, out – dez , 2012.

WALSH, M. J.; DODD, J. E.; HAUTBERGUE, G. M. Ribosome-inactivating proteins: Potent poisons and molecular tools. **Virulence**, v. 4, n. 8, p. 774-784, 2013.

WORBS, S. *et al.* *Ricinus communis* intoxications in human and veterinary medicine—a summary of real cases. **Toxins**, v. 3, n. 10, p. 1332-1372, 2011.

CAPÍTULO I

Consumo, digestibilidade e desempenho de ovinos alimentados com dietas a base de silagem de cana-de-açúcar com níveis de farelo de mamona destoxificado

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência de quatro níveis de adição (0, 10, 20 e 40%) de farelo de mamona destoxificado (FMD) na ensilagem de cana-de-açúcar, sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho de ovinos confinados. Foram utilizados 24 ovinos macho inteiros, sem padrão racial definido, com peso vivo médio de $16 \pm 0,75$ kg em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 6 repetições. Não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$) dos tratamentos nas variáveis de Consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), carboidrato (CHO) e carboidrato não fibroso (CNF). Entretanto, foi identificado um efeito linear decrescente no consumo de proteína bruta (PB) ($P = 0,038$) e consumo de extrato etéreo (EE) ($P = 0,001$) à medida que os níveis de FMD aumentaram de 0% para 40%, com valores variando de 0,151 a 0,128 kg/dia e 0,068 a 0,044 kg/dia, respectivamente. Não houve efeitos dos tratamentos ($P > 0,05$) nas variáveis de digestibilidade de MS, MO, FDN, CHO e CNF. No entanto, foi observada uma redução linear na digestibilidade de PB ($P = 0,001$) e EE ($P = 0,018$), variando de 754,174 a 472,875 g/dia e de 813,017 a 725,080 g/dia, respectivamente, à medida que os níveis de FMD aumentaram. Não foram observados efeitos das dietas ($P > 0,05$) sobre o peso final, ganho de peso total, ganho médio diário, conversão alimentar e eficiência alimentar. Recomenda-se a incorporação de até 40% do FMD na silagem de cana-de-açúcar em dietas para ovinos confinados.

Palavras-chave: aditivo, ensilagem, ganho de peso, *Ricinus communis*,

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of four levels of addition (0, 10, 20, and 40%) of detoxified castor bean meal (DCBM) in sugar cane silage on the intake, nutrient digestibility, and performance of feedlot lambs. Twenty-four non-castrated male lambs, without defined breed standards, with an average body weight of 16 ± 0.75 kg were used in a completely randomized design, with four treatments and 6 repetitions. No significant effects ($P > 0.05$) of the treatments were observed on the variables of dry matter intake, organic matter intake, neutral detergent fiber intake, total carbohydrates intake, and non-fiber carbohydrates intake. However, a decreasing linear effect was identified on crude protein intake ($P = 0.038$) and ether extract intake ($P = 0.001$) as the levels of DCBM increased from 0% to 40%, with values ranging from 0.151 to 0.128 kg/day and 0.068 to 0.044 kg/day, respectively. There were no effects of the treatments ($P > 0.05$) on the variables of dry matter digestibility, organic matter digestibility, neutral detergent fiber digestibility, total carbohydrates digestibility, and non-fiber carbohydrates digestibility. However, a linear reduction in crude protein digestibility ($P = 0.001$) and ether extract digestibility ($P = 0.018$) was observed, ranging from 754.174 to 472.875 g/day and from 813.017 to 725.080 g/day, respectively, as the levels of DCBM increased. No effects of the diets ($P > 0.05$) were observed on final weight, total weight gain, average daily gain, feed conversion, and feed efficiency. The incorporation of up to 40% of DCBM in sugar cane silage is recommended in diets for feedlot lambs.

Keywords: additive, ensiling, weight gain, *Ricinus communis*.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por novas fontes de proteína na alimentação animal, visando substituir o farelo de soja, tem impulsionado a exploração de produtos anteriormente subutilizados nesse contexto. Assim, a utilização de coprodutos de oleaginosas oriundos da produção de biodiesel, como o farelo de mamona destoxificado (FMD), emerge como uma alternativa promissora.

De acordo com dados da FAO (2022), os principais países produtores de mamona são Índia (74%), Moçambique (13%), Brasil (6,1%) e China (2,5%). Dados mais específicos do IBGE (2022) indicam que, no Brasil, foram produzidas aproximadamente 25.489 toneladas de mamona, cultivadas em uma área de cerca de 46 mil hectares na safra de 2022. Além disso, estudos conduzidos por Ávila Filho *et al.* (2006) ressaltam que a produção de 2,2 toneladas de sementes de mamona resulta em 1,2 toneladas de coprodutos, como torta e farelo.

Apesar do amplo potencial produtivo e da possibilidade de ser utilizado como alimento para ruminantes, o farelo de mamona apresenta elevada toxicidade quando não destoxificado, devido à presença de três substâncias: ricina (uma proteína), ricinina (um alcaloide) e CB-1A (um complexo alergênico) (Tsurugi, 1988; Hu *et al.*, 2002; Savy Filho, 2005 Endo).

A ricina atua inibindo a síntese proteica ao interferir nos ribossomos após sua internalização na célula, levando a disfunções celulares graves, como disfunção renal, hepática e/ou gastrointestinal (Ambekar *et al.*, 1957; Auld *et al.*, 2001; Alexander *et al.*, 2008). Por outro lado, a ricinina interfere nos processos bioquímicos ao afetar a síntese de proteínas e inibir enzimas específicas, resultando em efeitos tóxicos em nível celular e tecidual, podendo levar à toxicidade sistêmica, incluindo impactos no sistema nervoso, digestivo e até mesmo complicações cardíacas (Leite *et al.*, 2005).

Além destes, o complexo alergênico CB-1A pode desencadear reações alérgicas no sistema imunológico dos animais, variando de manifestações leves, como coceira e erupções cutâneas, até reações mais graves, como dificuldade respiratória e potencial choque anafilático (Gardner Júnior *et al.*, 1960; Fioreze *et al.*, 2018).

Diversas estratégias eficazes de destoxificação têm sido exploradas para inativar a ricina, a fim de garantir a segurança na utilização do farelo na alimentação animal. Algumas dessas técnicas incluem métodos físicos e químicos, como aquecimento,

fervura, embebição e tratamentos com diversos químicos (Anandan *et al.*, 2005; Gomes *et al.*, 2017; Furtado *et al.*, 2020). Além da capacidade de neutralizar a toxidez da ricina, é essencial considerar a preservação dos componentes nutritivos essenciais, destacando a necessidade de encontrar um equilíbrio entre a segurança alimentar e a qualidade nutricional do ingrediente.

Com base nisso, o monitoramento rigoroso dos níveis ideais de utilização do FMD na alimentação animal é crucial, devido à possível presença de toxidez residual decorrente dos óleos presentes, uma vez que altas concentrações desses óleos no farelo podem interferir na digestibilidade e absorção de nutrientes pelos animais, impactando diretamente seu desempenho.

Estudos anteriores, utilizando o FMD na alimentação de ovinos em confinamento, demonstraram sua eficácia, uma vez que sua utilização não causou impactos negativos no consumo, digestibilidade, desempenho e características de carcaça dos ovinos (Pereira, 2011; Gomes *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2019; Lira, 2020; Oliveira *et al.*, 2022).

Acredita-se que o processo de ensilagem possa eliminar a toxidez residual do farelo durante o processo fermentativo, visto que as substâncias tóxicas ainda presentes no FMD podem ser atenuadas ou até mesmo eliminadas devido à atividade microbiana que ocorre através da proteólise no metabolismo microbiano, tornando o FMD seguro para uso na alimentação animal, substituindo outros alimentos proteicos como a soja (Ramos *et al.*, 2011; Pelitire; Down; Cheng, 2014).

Portanto, novos estudos são necessários para compreender as melhores formas de utilizar o FMD na alimentação de ruminantes, aproveitando coprodutos agrícolas e agroindustriais de forma eficiente, com baixo custo e sem riscos à saúde (Wilkinson; Lee, 2018). Dessa forma, o presente estudo objetivou avaliar o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho produtivo dos ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis de farelo de mamona destoxificado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 *Princípios éticos da experimentação e área experimental*

Este estudo foi conduzido em estrita conformidade com a legislação brasileira para pesquisa e experimentação com animais e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do INSA/MCTI, sob o número de protocolo 0001/2021. O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTI), localizada a 7° 15' 12.6" Sul e 35° 56' 44.2" a Oeste, inserida no município de Campina Grande, no Agreste Paraibano. Nessa região, a média anual de precipitação gira em torno de 765 mm, com temperaturas médias anuais máximas e mínimas de 24,5°C e 20,7°C, respectivamente.

2.2 *Delineamento experimental*

Foram utilizados 24 ovinos machos, não castrados, sem padrão racial definido, com peso médio inicial de aproximadamente $16 \pm 0,75$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos experimentais consistiram em quatro níveis (0, 10, 20 e 40%) de adição de farelo de mamona destoxificado (FMD) à ensilagem de cana-de-açúcar, com base na matéria natural. O FMD foi obtido através do processo padrão de extração de óleo das sementes de mamona (*Ricinus communis* L.), utilizado pela Azevedo Óleos Ltda em sua unidade industrial em Itupeva, SP. Esse processo seguiu meticulosamente cinco etapas:

1. Triagem: O material inicial passou por uma peneira para remover impurezas como galhos e areia.
2. Aquecimento: O material peneirado foi aquecido a uma temperatura entre 100°C e 110°C por um período de uma a uma hora e trinta minutos.
3. Prensagem: As sementes foram prensadas em uma prensa extrusora para extrair o óleo.
4. Extração com solvente: O óleo residual foi extraído utilizando solvente hexano a uma temperatura de 60°C por duas horas e meia.

5. Dessolventização: O solvente foi evaporado, a uma temperatura entre 100°C e 110°C por duas horas.

2.3 Confeção da silagem para o confinamento

Foram confeccionadas 2.000 kg de silagem para cada tratamento, totalizando 8.000 kg. A cana-de-açúcar foi picada utilizando uma máquina ensiladeira estacionária (Laboremus®, modelo LC6000n). Em seguida, o FMD foi adicionado ao material de acordo com as proporções para cada tratamento, sendo misturados com o auxílio de um misturador até atingir a homogeneidade. Assim, o material foi imediatamente ensacado em sacos laminados, com 110 cm de comprimento x 51 cm de largura e capacidade de armazenamento de 50 kg de silagem, com densidade de aproximadamente 600 kg/m³ de matéria natural em cada saco. Ao final deste processo, os sacos foram fechados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e arejado até os momentos da abertura (60 dias após a ensilagem).

2.4 Desempenho produtivo de ovinos e protocolo sanitário

O período experimental teve duração de 60 dias, dos quais 10 dias foram destinados à adaptação dos animais a dieta e 50 dias para coleta de amostras e dados. Os animais foram alojados em baias individuais, com área de 2 x 1,10 m e piso cimentado. As baias continham comedouros de madeira e bebedouros individuais.

Ao início do experimento foram realizadas medidas de controle sanitário com Dectomax® (1 ml de doramectina para cada 50 kg de peso vivo), a fim de controlar endoparasitas e ectoparasitas. Os animais foram vacinados com Resguard Multi® (toxoides de *Clostridium perfringens* B e D e *Clostridium botulinum* C e D) para prevenção das clostridioses nos animais.

Os animais passaram por jejum de 16 horas para realização da pesagem inicial, e em seguida receberam suas respectivas dietas, as quais foram calculadas para suprir as exigências de ganho médio diário de 150 g/dia (NRC, 2007) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na composição das dietas experimentais com base na matéria seca

Nutrientes	Níveis de FMD ¹ (%)				FMD	FM	FS
	0%	10%	20%	40%			
MS g/kg	213,63	232,13	269,26	308,67	865,45	856,60	873,61
MM g/kg MS	71,90	73,96	97,07	84,21	103,70	20,29	64,98
MO g/kg MS	928,10	926,04	902,93	915,79	896,30	979,71	935,02
PB g/kg MS	43,90	97,40	140,10	182,20	380,10	85,60	491,20
EE g/kg MS	34,55	59,04	44,73	48,07	7,68	66,89	134,57
FDN g/kg MS	707,98	599,58	608,92	532,97	412,98	249,46	235,36
FDA g/kg MS	176,00	160,45	88,50	138,60	64,10	14,30	36,40
CHOS g/kg MS	849,65	769,60	718,10	685,53	508,52	827,21	309,24
CNF g/kg MS	141,68	170,02	109,18	152,55	95,54	577,75	73,88

¹0% = silagem de cana-de-açúcar; 10% = silagem de cana-de-açúcar aditivada com 10% de FMD; 20% = silagem de cana-de-açúcar aditivada com 20% de FMD; 40% = silagem de cana-de-açúcar aditivada com 40% de FMD;; FM= Farelo de milho; FS= Farelo de soja; MS= Matéria seca; MM= Matéria mineral; MO= Matéria orgânica; PB= Proteína bruta; EE= Extrato etéreo; FDN= Fibra em detergente neutro; FDA= Fibra em detergente ácido; CHOS= Carboidratos Solúveis; CNF= Carboidrato não fibroso.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais utilizadas em ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado (base na matéria seca).

Ingredientes, g/kg	Níveis de FMD ¹			
	0%	10%	20%	40%
FMD	0,00	47,50	95,10	190,10
Farelo de milho	314,60	354,10	404,00	503,80
Farelo de soja	187,70	149,70	99,80	0,00
SC	475,30	427,80	380,20	285,20
Ureia	1,40	0,00	0,00	0,00
Núcleo mineral	11,40	11,40	11,40	11,40
Cloreto de amônio	9,50	9,50	9,50	9,50
Sulfato de amônio	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição química, g/kg				
MS	557,18	587,30	617,47	677,80
MM	52,75	52,60	51,88	50,44
MO	924,85	926,50	927,22	928,66
PB	143,94	140,68	136,44	127,90
EE	62,73	58,98	54,32	45,01
FDN	459,16	446,06	432,72	406,10

FDA	94,98	88,85	82,42	69,58
CHOS	722,13	726,85	736,45	755,74
CNF	262,97	280,79	303,74	349,64
NDT	729,22	696,62	724,22	646,71

¹10%= silagem de cana-de-açúcar; 10%= silagem de cana-de-açúcar aditivada com 10% de FMD; 20%= silagem de cana-de-açúcar aditivada com 20% de FMD; 40%= silagem de cana-de-açúcar aditivada com 40% de FMD; FMD= farelo de mamona destoxificada; SC= silagem de cana-de-açúcar; MS= Matéria seca; MM= Matéria mineral; MO= Matéria orgânica; PTN= Proteína; EE= Extrato etéreo; FDN= Fibra em detergente neutro; FDA= Fibra em detergente ácido; CHOS= Carboidratos Solúveis; CNF= Carboidrato não fibroso.

O fornecimento das dietas foi realizado em duas porções diárias às 08:00 e 16:00 horas, em quantidade que representasse 3,5% do peso vivo (PV), sendo ajustadas diariamente de acordo com o consumo do dia anterior e permitindo sobras de 10%. Foram efetuadas pesagens diárias de sobras, duas vezes ao dia, no início da manhã e outra antes da oferta do período da tarde.

O consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), carboidratos não fibrosos (CCNF) e dos nutrientes digestíveis totais (CNDT) pelos ovinos foi quantificada pela diferença entre a quantidade de nutrientes presentes nas dietas ofertadas e nas sobras após o período de 24 horas. Já para a digestibilidade dos nutrientes, procedeu-se a coleta de amostras dos alimentos fornecidos, além das sobras e fezes durante os últimos cinco dias do período de coletas.

Para determinar os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e dos demais nutrientes, foram realizadas coletas do tipo *spot* diretamente da ampola retal dos animais no 38º dia (6h00 e 14h00), 39º dia (8h00 e 16h00) e 40º dia (10h00 e 18h00), seguindo a metodologia de Bispo *et al.* (2007). A partir das amostras das rações, fezes e sobras coletadas, foi determinado a digestibilidade dos nutrientes e nutrientes digestíveis totais (NDT).

A quantidade de matéria seca fecal excretada, utilizada na determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes e dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), foi estimada pela concentração de FDNi, obtida após incubação *in situ* dos alimentos, sobras e fezes, em triplicata, em sacos de tecido não tecido (TNT) (12,0 x 8,0 cm), contendo aproximadamente 1g do material por saco, com partículas de 2,0 mm, por um período de 288 horas em um bovino mestiço Girolando macho com peso corporal médio de 600 kg fistulado no rúmen, a partir da metodologia descrita por Casalli *et al.* (2008).

O material remanescente da incubação foi submetido à digestão com detergente neutro, cujo resíduo foi considerado FDN_i, de acordo com o método INCT-CA F/011/1, segundo a metodologia descrita por Detmann *et al.* (2012).

Para determinação da produção de matéria seca fecal (PMSF) foi utilizado a seguinte fórmula:

$$PMSF = \frac{\text{Consumo do indicador (kg)}}{\text{concentração do indicador nas fezes (\%)}} \quad (1)$$

Os coeficientes de digestibilidade (CD) de MS, MO, PB e FDN foram calculados pela metodologia proposta por Silva & Leão (1979), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$CD = \frac{(\text{g nutriente ingerido} - \text{g nutriente nas fezes})}{(\text{g/nutriente ingerido})} \times 100 \quad (2)$$

Para estimativa dos carboidratos totais (CT) foi utilizado a equação proposta por Sniffen *et al.* (1992) no qual:

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM) \quad (3)$$

Para estimativa dos carboidratos não-fibrosos (CNF), foi adotada a equação preconizada por Hall (2000), na qual:

$$CNF = 100 - MM - EE - FDN - (PB - Pbu + U) \quad (4)$$

Em que: Pbu = teor de PB oriunda da ureia (ou mistura de ureia e sulfato de amônio);
U = teor de ureia.

Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT), foi adotada a equação proposta por Weiss (1999), em que:

$$NDT = PBd + (EEd \times 2,25) + CNFd + FDNcpd \quad (5)$$

Em que: PBd = (PB ingerida - PB fezes), EEd = (EE ingerido - EE fezes), CNFd = (CNF ingeridos - CNF fezes) e FDNcpd = (FDNcp ingerido - FDNcp fezes).

Os animais foram submetidos a pesagens no início e ao término do período experimental, ambos após um jejum de 16 horas. Para monitorar o ganho de peso ao longo de todo o experimento, foram realizadas pesagens a cada 15 dias, sem a necessidade de jejum.

O ganho de peso (GP) foi calculado por meio da fórmula:

$$GP = PV_{final} - PV_{inicial} \quad (6)$$

O ganho médio diário (GMD) foi determinado pela fórmula:

$$GMD = \frac{GP}{n^{\circ} \text{ dias em confinamento}} \quad (7)$$

A conversão alimentar foi calculada como a relação entre o consumo de matéria seca (CMS) e o ganho médio diário (GMD). Enquanto a eficiência alimentar (EA) foi avaliada através da relação entre o GP e o consumo de matéria seca (CMS), utilizando a fórmula: $EA = GP / \text{Quantidade total de MS consumida}$.

2.5 Análises laboratoriais

Foram analisadas a composição química das sobras, das dietas, dos ingredientes da dieta, e das fezes para determinação da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), conforme a metodologia descrita por AOAC (2000), proteína pelo método de *Kjedahl*.

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado conforme a metodologia de Hall (2000), em que: $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivado da ureia} + \% \text{ de ureia}) + \%FDN_{cp} + \%EE + \%MM]$. Já o teor de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) foi determinado pela equação $NDT = PBd + CNFd + FDN_{cpd} + (EEd \times 2,25)$, onde PBd, CNFd, FDN_{cpd} e EEd representam, respectivamente, proteína bruta digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis, fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína e extrato etéreo digestíveis. Ressaltando que o valor de EEd foi multiplicado por 2,25, considerando que essa fração contém aproximadamente o dobro de energia dos carboidratos, conforme preconizado por Weiss (1999).

2.6 Análise estatística

Os resultados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e regressão utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2008). Para avaliar o efeito dos níveis de farelo de mamona na silagem de cana-de-açúcar, foram realizadas análises de regressão. As equações de regressão foram selecionadas com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t com nível de significância $\alpha = 0,05$. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad (8)$$

Onde:

Y_{ij} : é a variável observada;

μ : é a média geral;

α_i : é o efeito do nível de inclusão do farelo de mamona destoxificado;

ε_{ij} : é o efeito associado ao erro experimental.

3 RESULTADOS

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre as variáveis de CMS, CMO, CFDN, CCHO e CCNF, apresentando valores médios de 1,066, 0,970, 0,444, 0,769 e 0,533 kg/dia, respectivamente (Tabela 3). Contudo, observou-se um efeito linear ($P < 0,05$) para as variáveis de CPB ($P = 0,038$) e CEE ($P = 0,001$), com médias variando de 0,151 a 0,128 kg/dia e de 0,068 a 0,044 kg/dia, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo dos nutrientes dos ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado.

Variável	Níveis de FMD ¹ (%)				EPM ²	P – Valor ³	
	0	10	20	40		L	Q
CMS (%PC)	4,579	4,630	4,411	4,533	0,16	0,706	0,657
CMS (kg/dia)	1,049	1,120	1,001	1,095	0,68	0,516	0,953
CMO (kg/dia)	0,969	1,038	0,927	0,946	0,63	0,550	0,948
CPB ⁴ (kg/dia)	0,151	0,157	0,135	0,128	0,09	0,038	0,906
CEE ⁵ (kg/dia)	0,068	0,065	0,055	0,044	0,03	0,001	0,827
CFDN (kg/dia)	0,464	0,487	0,416	0,412	0,29	0,108	0,926
CCHO (kg/dia)	0,754	0,814	0,735	0,773	0,50	0,971	0,989
CCNF (kg/dia)	0,515	0,552	0,506	0,559	0,24	0,357	0,642

¹Farelo de mamona destoxificado; CMO = consumo de matéria orgânica; CMS = consumo de matéria seca; DMM = consumo de matéria mineral; CPB = consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro; CCHO = consumo de carboidratos; CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos; CFMD = consumo de farelo de mamona destoxificado.

²EPM: erro padrão da média;

³P – Valor = probabilidade ao nível de 5% de significância.

⁴Y = 0.1553 + 0.0006x ($R^2 = 75,04$); ⁵Y = 0.0696 + 0.0006x ($R^2 = 97,39$).

Não foram observados efeitos dos tratamentos ($P > 0,05$) sobre as variáveis de DMS, DMO, DFDN, DCHO, DCNF e NDT, apresentando valores médio de 904,943, 694,754, 559,895, 697,534, 885,411 e 657,812 g/kg, respectivamente (Tabela 4). No entanto, foi observada uma redução linear na DPB ($P = 0,001$) e DEE ($P = 0,018$), com valores variando de 754,174 a 472,875 g/dia e de 813,017 a 725,080 g/dia, respectivamente, à medida que os níveis de FMD aumentaram.

Tabela 4. Digestibilidade dos nutrientes dos ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado.

Variável (g/kg)	Níveis de FMD ¹ (%)				EPM ²	P – Valor ³	
	0	10	20	40		L	Q
DMS	909,583	899,057	920,538	890,595	8,39	0,207	0,189
DMO	713,106	689,931	721,785	654,195	22,09	0,096	0,332
DPB ⁴	754,148	669,736	665,190	472,875	36,40	0,001	0,436
DEE ⁵	813,017	783,728	802,424	725,080	23,83	0,018	0,429
DFDN	582,191	536,916	606,201	514,275	32,23	0,247	0,389
DCNF	882,172	907,635	882,178	869,662	17,43	0,368	0,454
DCHO	697,487	686,248	726,082	680,320	22,57	0,733	0,345
NDT	695,16	621,98	723,50	590,61	21,20	0,870	0,366

¹Farelo de mamona destoxificado;

²EPM: erro padrão da média;

³P – Valor = probabilidade ao nível de 5% de significância.

⁴Y = 758,8466 + 6,7633x (R² = 94,23); ⁵Y = 816,7708 + 2,0404x (R² = 78,88)

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de farelo de mamona destoxificado sobre o peso final, ganho total, ganho médio diário, conversão alimentar e eficiência alimentar dos ovinos, constatando-se médias de 23,785, 6,637, 0,138, 8,418 e 0,1212 kg/dia, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Desempenho dos ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado.

Variáveis	Níveis de FMD ¹ (%)				EPM ²	P – Valor ³	
	0	10	20	40		L	Q
PF (kg)	23,85	24,39	22,75	24,15	9,27	0,995	0,490
GT (kg)	6,19	6,99	6,32	7,05	5,60	0,415	0,992
GMD (kg)	0,148	0,140	0,126	0,141	0,112	0,428	0,985
CA (kg)	9,060	8,547	8,244	7,822	5,64	0,134	0,736
EA (kg)	0,111	0,118	0,126	0,130	0,082	0,103	0,585

¹Farelo de mamona destoxificado; PF = peso final; GT = ganho total; GMD = ganho médio diário; CA = conversão alimentar; EA = eficiência alimentar.

²EPM: erro padrão da média;

³P – Valor = probabilidade ao nível de 5% de significância.

4 DISCUSSÃO

A inclusão do FMD às silagens não reduziu o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, com exceção da PB e do EE (Tabela 3 e 4). Ao analisar a composição química dos ingredientes (Tabela 1) e das dietas (Tabela 2), nota-se que o aumento dos níveis de FMD na silagem, promoveu uma diminuição nos teores de PB, o que influencia diretamente no CPB pelos animais. Além disso, a diminuição no CPB pode estar relacionada a maiores teores de proteína não digestível no FMD, provavelmente por estar complexada com carboidratos da parede celular e, assim, eleva os teores de PIDN e PIDA.

O efeito linear decrescente para o CPB corrobora com os resultados encontrados por Pompeu *et al.*, (2022), que ao avaliar a influência de quatro níveis de substituição (0, 33, 67 e 100%) do farelo de soja pela torta de mamona destoxificada (TMD) na alimentação de ovinos, observou uma diminuição gradativa do CPB, justificado pela provável diminuição do consumo de matéria seca com a elevação do nível da TMD às dietas experimentais.

A DPB pode ser justificada com base no consumo de proteína que por sua vez pode ter sido influenciada pelo processo fermentativo secundário, o que afeta a eficácia da fermentação ruminal e, conseqüentemente, a digestibilidade da proteína na dieta, o que sugere uma relação direta entre a qualidade da proteína presente no FMD e sua capacidade de ser degradada e utilizada pelos microrganismos ruminais (Allen; Mertens, 1988). É necessário ainda considerar não apenas o CPB, mas também os processos fermentativos ruminais que influenciam a degradação e utilização da PB na dieta dos animais. Assim, a dinâmica ruminal de animais alimentados com dietas contendo FMD precisa ser mais profundamente investigada.

Com relação ao consumo de EE, observou-se redução significativa à medida que se aumentou o nível de inclusão de FMD nas dietas (Tabela 3), ou seja, o teor de EE diminuiu à medida que aumentou a inclusão do FMD. Isso pode ser justificado pela composição da própria dieta (Tabela 2), já que o FMD é um coproduto obtido após a extração industrial do óleo, deixando-o com um resíduo ínfimo de gordura (Tabela 1). Nesse sentido, é justificável a diminuição acentuada no CEE e na DEE observadas no presente estudo (Tabela 3 e 4). A redução linear da DEE (Tabela 4) é resultado do próprio consumo de EE (Tabela 3), conforme explicado anteriormente.

Vale ressaltar que os níveis de EE das dietas foram mantidos abaixo do limite máximo recomendado para ruminantes, que são 70 g/kg de matéria seca (Tabela 2) (Palmquist, 2006). Com isso, evitam-se possíveis efeitos adversos na microbiota ruminal que poderiam impactar negativamente o consumo dos demais nutrientes, seja por meio de mecanismos regulatórios do consumo ou pela limitação dos ruminantes em oxidar ácidos graxos no rúmen (Van Soest, 1994).

A digestibilidade da matéria seca (DMS) (Tabela 04) não foi influenciada pela presença do FMD nas dietas, corroborando com o fato de que possíveis resíduos tóxicos do processamento industrial são inativados ao longo do processo fermentativo. Muitas bactérias lácticas possuem mecanismos enzimáticos de quebra de compostos do metabolismo secundário vegetal, tornando o material fermentado livre destes agentes danosos (Ridwan *et al.*, 2015). Além disso, o ambiente anaeróbio e acidificado inviabiliza grande parte dos compostos produzidos pelos vegetais, resultando num processo de destoxificação também no interior do silo.

Assim, o processo de ensilagem, além de potencialmente reduzir ou eliminar toxinas, também desempenha um papel crucial na solubilização da fibra, uma vez que ocorre a hidrólise ácida das ligações glicosídicas β -1,4 (Bueno *et al.*, 2020). Esse efeito promove uma melhoria na digestibilidade dos nutrientes, pois aumenta a disponibilidade de carboidratos para a microbiota ruminal, os quais irão produzir os ácidos graxos de cadeia curta essenciais para a saúde e o desempenho dos animais.

Com relação ao desempenho dos animais, observou-se que o FMD não afetou negativamente o desempenho dos animais. Isso ocorreu pois o FMD não influenciou negativamente o consumo de outros nutrientes nem a digestibilidade, indicando que pode ser considerado um ingrediente com potencial valor nutritivo (Oliveira, 2008).

O CPB desempenha um papel crucial no desempenho dos ovinos. Se houver limitação na disponibilidade dessas frações no ambiente ruminal, a microbiota pode ser comprometida, impactando negativamente o ganho de peso (Zhang *et al.*, 2021).

Apesar de o CPB ter superado os 106g PB/dia, valor recomendado pelo NRC (2007) para ovinos desta categoria, os animais não conseguiram atingir um ganho médio diário (GMD) superior a 150 g/dia, como esperado. Essa limitação no desempenho pode ser atribuída pelas limitações genéticas dos animais, por se tratar de animais sem padrão racial definido.

Resultados diferentes ao deste trabalho foram encontrados por Araújo *et al.* (2021), que ao avaliar a utilização de torta de mamona destoxificada em diferentes estágios fisiológicos de cabras, observou que os animais reduziram o consumo de matéria seca e dos demais nutrientes. Furtado *et al.* (2020), ao avaliar o consumo e digestibilidade de ovinos alimentados com dietas contendo torta de mamona destoxificada, também reportaram redução no consumo e na digestibilidade dos nutrientes por parte dos animais.

Gomes *et al.* (2017), ao avaliar o consumo e o desempenho em ovinos alimentados com dietas contendo torta de mamona submetida ou não a diferentes métodos de destoxificação observou que o consumo dos nutrientes não foi influenciado pelos tratamentos de destoxificação. Além disso, os animais não apresentaram sintomas de intoxicação quando alimentados com dieta contendo torta de mamona autoclavada e tiveram um desempenho superior aos que receberam torta não tratada.

Resultados divergentes ao deste trabalho foram encontrados por Lira, (2020), que ao avaliar o efeito da silagem de cana-de-açúcar com FMD em rações para ovinos observou que, de modo geral, o consumo dos nutrientes foi influenciado positivamente pelos níveis de inclusão do FMD, por outro lado reduziu a DMS, DMO, DPB, DFDN e DCNF.

Já Oliveira *et al.* (2022) ao avaliar o efeito do FMD na silagem de cana-de-açúcar sobre o consumo, digestibilidade, ganho de peso, características da carcaça e qualidade da carne de ovinos em confinamento, observaram que o consumo, a digestibilidade da MS e PB e o ganho de peso dos ovinos, foram influenciados positivamente pelos níveis de inclusão do FMD na silagem.

Oliveira *et al.* (2019) ao avaliar o comportamento alimentar de ovinos alimentados com dietas a base de silagem de cana-de-açúcar aditivada com FMD, observaram que houve um aumento em relação ao consumo e a eficiência alimentar, bem como na ruminação dos animais, o que é indicativo de um bom funcionamento ruminal, comprovando que o FMD não causou alterações na motilidade do rúmen.

De modo geral, não foram observados efeitos depreciativos no consumo, digestibilidade e desempenho dos animais com a inclusão do FMD na silagem. Isso sugere que o FMD pode ser utilizado como incremento proteico viável na dieta de

ovinos em confinamento. No entanto, é importante respeitar os níveis de inclusão para evitar possíveis efeitos prejudiciais ao desempenho e à saúde dos animais.

5 CONCLUSÃO

Com base na ausência de impactos negativos sobre o desempenho dos animais, recomenda-se a incorporação de até 40% do farelo de mamona destoxificado na silagem de cana-de-açúcar em dietas para ovinos confinados por até 60 dias.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, J. *et al.* Ricin (from *Ricinus communis*) as undesirable substances in animal feed, Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. **The European Food Safety Authority Journal**, v. 2008, p. 1–38, 2008.
- ALLEN, M.S.; MERTENS, D.R. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. **Journal of Nutrition**, v.118, p.261-270, 1988.
- ARAÚJO, R.A. *et al.* Goats Fed Detoxified Castor Cake In Different Physiological Stages: II. Nutritional Parameters, Hepatic And Renal. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 20, p. 112-121, 2021.
- AMBEKAR, V. R.; DOLE, K. K. Detoxication of castor cake. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 10, p. 107-122, 1957.
- 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**, 120:159-168, 2005.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Protein (crude) determination in animal feed: Copper catalyst Kjeldahl method. (984.13). **In Official Methods of Analysis**. 15th ed. Gaithersburg, USA, 1990.
- AULD, D. L.; ROLFE, R. D.; MCKEON, T. A. Development of castor with reduced toxicity. **Journal of New Seeds**, v. 3, p. 61-69, 2001.
- ÁVILA FILHO, S. *et al.* Métodos para determinação de toxinas presentes na torta de mamona. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel, 1., 2006. Distrito Federal, Brasil. **Anais...**, v. 1, p. 24-27, 2006.
- BISPO, S. V. *et al.* Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante: Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1902-1909, 2007.
- BUENO, A. V. I. *et al.* Ensiling total mixed ration for ruminants: a review. **Agronomy**, v. 10, n. 6, p. 879, 2020.
- CASALI, A.O. *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, p. 335-342, 2008.
- DETMANN, E., SOUZA, M. A., VALADARES FILHO, S. C. Métodos para análise de alimentos – INCT – **Ciência Animal**. 1. Ed. Visconde do Rio Branco. Brasil. 214p. 2012.
- ENDO, Y.; TSURUGI, K. The RNA N-glycosidase activity of ricin A-chain. **The Journal of Biological Chemistry**, 263:8735-8739, 1988.

FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations: Informação em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em: Março 2023.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FIOREZE, Samuel Luiz *et al.* Limitation of secondary growth influencing grain and oil yield of castor bean hybrids. **Ceres**, v. 10, n. 1, 2018.

FURTADO, R. N. *et al.* Intake, digestibility and nitrogen balance in sheep fed diets containing detoxified castor cake. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, p. e20175992, 2020.

FURTADO, R. N. *et al.* Fermentative losses and chemical composition of elephant grass silage added with castor bean hull. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 1, p. 140-147, 2019.

GARDNER JUNIOR, H. K. *et al.* Detoxification and deallergenization of castor beans. **The Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 37, p. 142-148, 1960.

GOMES, F. H. T. *et al.* Consumo, comportamento e desempenho em ovinos alimentados com dietas contendo torta de mamona. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 182-190, 2017.

HALL, M.B. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. p. A25-A32. (ed.). **Gainesville**: University of Florida, 2000.

HU, R. G. *et al.* Bioactivities of ricin retained and its immunoreactivity to anti-ricin polyclonal antibodies alleviated through pegylation. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, 34:396–402, 2002.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 dez. 2022.

LEITE, A. C. *et al.* Isolamento do alcalóide ricinina das folhas de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) através de cromatografias em contracorrente. **Química Nova**, v. 28, p. 983- 985, 2005.

LEITE, G. M. **Farelo de mamona destoxificado como aditivo proteico na ensilagem de cana-de-açúcar**. 2021. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2021.

LIRA, V. L. **Aspectos metabólicos e nutricionais em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado**. 2020. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2020.

LIRA, V. L. *et al.* Effect of detoxified castor bean meal inclusion in sugarcane ensilage on intake, digestibility, water balance, ruminal parameters, serum biochemistry, and ingestive behavior of sheep. **Livestock Science**, v. 280, p. 105409, 2024.

McDONALD, P; HENDERSON, AR; HERON, SJE (eds). 1991. The biochemistry of silage (2nd edn). Marlow Bottom: Chalcombe Publications.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. 1. ed. Washington, DC, USA: NAP, 2007. 362 p.

OLIVEIRA, A.C. *et al.* The inclusion of detoxified castor bean meal in sugarcane silage increases the carcass weight and the content of unsaturated fatty acids in lamb meat'. **Animal Science Journal**, v. 93, p. 1-10, 2022.

OLIVEIRA, A. C. *et al.* Feeding behavior of sheep fed sugarcane silage enriched with detoxified castor bean meal. **ACTA SCIENTIARUM. ANIMAL SCIENCES**, v. 41, p. 43848, 2019.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, cap.10, p. 287-310, 2006.

PELITIRE, S. M.; DOWD, M. K.; CHENG, H. N. Acidic solvent extraction of gossypol from cottonseed meal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 195, p. 120–128, 2014.

PEREIRA, M. S. C. **Características de carcaça e carne de cordeiros santa inês alimentados com farelo de mamona destoxificado**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2011.

POMPEU, R.C.F.F. *et al.* Feeding behavior of sheep in feedlot and fed with diets containing detoxified castor cake in substitution to the soybean mea. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 44, p. e54512, 2022.

RAMOS, A. H. *et al.* Biometria, histologia e morfometria do sistema digestório do cachorro-do-mato (*Cercyon thous*) de vida livre. **Biotemas**, v. 24, n. 4, p. 111-119, 2011.

RIDWAN, R. *et al.* Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 4, p. 511, 2015.

SAVY FILHO, A. Mamona: tecnologia agrícola. Campinas: **Emopi**, 105p., 2005.

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

SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of animal science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

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

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Proceedings...**, 1999.

WILKINSON, J. M.; LEE, M. R. F. Use of human-edible animal feeds by ruminant livestock. **Animal**, v. 12, n. 8, p. 1735-1743, 2018.

ZHANG, Y. K. *et al.* Characterization of the rumen microbiota and its relationship with residual feed intake in sheep. **Animal**, v. 15, n. 3, p. 100161, 2021.

CAPÍTULO II

**Adição do farelo de mamona destoxificado na silagem de cana-de-açúcar
sobre parâmetros sanguíneos e histopatológicos de ovinos confinados**

RESUMO

O estudo teve como objetivo analisar os parâmetros sanguíneos e histopatológicos de ovinos confinados alimentados com dietas contendo silagem de cana-de-açúcar aditivada com diferentes níveis de farelo de mamona destoxificado (FMD), visando garantir a segurança da utilização deste coproduto. Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado com quatro níveis de inclusão de FMD na ensilagem de cana-de-açúcar (0%, 10%, 20% e 40%) e 6 repetições, totalizando 24 ovinos machos, não castrados e sem raça definida, com peso médio inicial de $16 \pm 0,75$ kg. O período experimental compreendeu 60 dias, sendo 10 para adaptação dos animais e 50 para coleta de amostras e dados. As amostras de sangue foram coletadas no primeiro e no quadragésimo oitavo dia experimental. Após o abate, amostras de fígado, rim e rúmen foram coletadas para análises histomorfométricas. Não se observou efeito significativo ($P > 0,05$) nas variáveis de espessura do tecido muscular e altura da papila do rúmen. No entanto, a espessura do epitélio, porção queratinizada, hemoglobina, hematócrito e volume corpuscular médio apresentaram efeitos significativos ($P < 0,05$) relacionados ao tempo e ao nível de inclusão do FMD. Não foram identificadas alterações significativas ($P > 0,05$) no hemograma, leucograma ou em efeitos histopatológicos que sugiram a ocorrência de toxidez nos animais devido à inclusão do FMD em sua alimentação. Conclui-se, portanto, que a inclusão de até 40% do farelo de mamona destoxificado pode ser recomendada para utilização na silagem de cana-de-açúcar sem causar impactos negativos na saúde dos animais.

Palavras-chave: histopatologia, ovinocultura, *Ricinus communis*, saúde animal.

ABSTRACT

The study aimed to analyze the blood and histopathological parameters of confined sheep fed diets containing sugarcane silage supplemented with different levels of detoxified castor bean meal (DCBM), aiming to ensure the safety of using this byproduct. A completely randomized design was adopted with four levels of DCBM inclusion in sugarcane silage (0%, 10%, 20%, and 40%) and 6 replications, totaling 24 male sheep, non-castrated and without defined breed, with an initial average weight of 16 ± 0.75 kg. The experimental period lasted 60 days, with 10 days for animal adaptation and 50 days for sample and data collection. Blood samples were collected on the first and forty-eighth experimental day. After slaughter, liver, kidney, and rumen samples were collected for histomorphometric analysis. No significant effect ($P > 0.05$) was observed in the variables of muscle tissue thickness and rumen papilla height. However, the epithelium thickness, keratinized portion, hemoglobin, hematocrit, and mean corpuscular volume showed significant effects ($P < 0.05$) related to the time and level of DCBM inclusion. No significant changes ($P > 0.05$) were identified in the blood count, leukogram, or histopathological effects suggesting toxicity in the animals due to DCBM inclusion in their diet. It is concluded, therefore, that the inclusion of up to 40% of detoxified castor bean meal can be recommended for use in sugarcane silage without causing negative impacts on animal health.

Keywords: animal health, histopathology, sheep farming, *Ricinus communis*

1 INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma das principais oleaginosas utilizadas na indústria do biodiesel. Quando suas sementes são submetidas ao processo de extração do óleo, é alcançado um rendimento de 50% de óleo e 50% de torta e farelo de mamona (Dantas Junior *et al.*, 2022).

Devido às suas características, como o alto teor de matéria seca e proteína bruta, o farelo de mamona pode vir a ser utilizado como aditivo em silagens com potencial promissor. Segundo Oliveira *et al.* (2015), o farelo da mamona pode absorver a umidade e corrigir o baixo teor de proteína das gramíneas, melhorando o perfil fermentativo, reduzindo perdas e aumentando o valor nutricional da silagem. Entretanto, vale ressaltar que o farelo de mamona contém compostos como ricina, ricinina e CB-1A. Essas substâncias, quando ingeridas em quantidades elevadas, podem desencadear uma variedade de sinais clínicos e até mesmo levar à morte do animal (Santos, 2022).

Os sinais clínicos relacionados à intoxicação por ricina em ruminantes geralmente se manifestam algumas horas após a ingestão das sementes. A ricina pode desencadear efeitos tóxicos no fígado e nos rins, resultando em aumento das enzimas hepáticas e falência renal. Além disso, outros sinais que podem ser observados incluem desidratação, melena, letargia, convulsões e até mesmo a morte (Albretsen; Gwaltney-Brant; Kahn, 2000).

Quanto aos achados laboratoriais, na avaliação hematológica de animais intoxicados, pode-se observar um aumento no volume globular, devido à desidratação e hipotensão. No perfil bioquímico sérico, é comum encontrar elevação das atividades de alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST), bem como das concentrações de ureia e creatinina (Aslani *et al.*, 2007; Botha; Penrith, 2009; Hong *et al.*, 2011).

Na análise histológica, é possível identificar hemorragia e necrose multifocal em órgãos linfoides, degeneração de hepatócitos e dilatação dos sinusoides hepáticos, baço com diminuição da polpa vermelha e acúmulo de hemossiderina, rins com degeneração tubular necrótica e glomerulonefrite membranosa. No trato gastrointestinal, observa-se congestão, hemorragia, células epiteliais das criptas

focalmente necróticas e submucosa difusamente hemorrágica (Soto-Blanco *et al.*, 2002; Aslani *et al.*, 2007; Botha; Penrith, 2009; Roels *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2011).

A fim de ser utilizado na alimentação animal, diversos métodos físicos e químicos podem ser usados, gerando tanto a torta como o farelo da mamona (Fonseca; Soto-Blanco, 2014). Além destes, outros estudos têm explorado a utilização de métodos biológicos de desintoxicação, como a fermentação por fungos, para aproveitar os subprodutos da mamona na alimentação animal. Esses fungos podem utilizar a ricina como fonte de nutrientes, levando à redução de seu teor a níveis não detectáveis (Godoy *et al.*, 2009; Madeira júnior; Macedo; Macedo, 2011).

Nesse contexto, o processo de ensilagem pode ser considerado um método biológico com potencial de diminuir de forma significativa a presença da toxidez residual da ricina, mesmo que esta persista após a destoxificação durante a extração do óleo. Isso tornaria o FMD uma opção viável e segura para a alimentação animal.

Com isso, objetivou-se analisar os parâmetros sanguíneos e histopatológicos dos ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com níveis de farelo de mamona destoxificada, a fim de garantir a segurança da utilização deste coproduto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Princípios éticos da experimentação e área experimental

Este estudo foi conduzido em estrita conformidade com a legislação brasileira para pesquisa e experimentação com animais e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do INSA/MCTI, sob o número de protocolo 0001/2021. O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTI), localizada a 7° 15' 12.6" Sul e 35° 56' 44.2" a Oeste, inserida no município de Campina Grande, no Agreste Paraibano. Nessa região, a média anual de precipitação gira em torno de 765 mm, com temperaturas médias anuais máximas e mínimas de 24,5°C e 20,7°C, respectivamente.

2.2 Delineamento experimental

Foram utilizados 24 ovinos machos, não castrados, sem raça definida, com peso corporal médio inicial de aproximadamente $16 \pm 0,75$ kg. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (0%, 10%, 20% e 40%), que consistiram em quatro níveis de adição de FMD, e seis repetições.

O FMD foi obtido através do processo padrão de extração de óleo das sementes de mamona (*Ricinus communis* L.), utilizado pela Azevedo Óleos Ltda em sua unidade industrial em Itupeva, SP. Esse processo seguiu meticulosamente cinco etapas:

1. Triagem: O material inicial passou por uma peneira para remover impurezas como galhos e areia.
2. Aquecimento: O material peneirado foi aquecido a uma temperatura entre 100°C e 110°C por um período de uma a uma hora e trinta minutos.
3. Prensagem: As sementes foram prensadas em uma prensa extrusora para extrair o óleo.
4. Extração com solvente: O óleo residual foi extraído utilizando solvente hexano a uma temperatura de 60°C por duas horas e meia.
5. Dessolventização: O solvente foi evaporado, a uma temperatura entre 100°C e 110°C por duas horas.

2.3 Período experimental e protocolo sanitário

O período experimental teve duração de 60 dias, dos quais 10 dias foram destinados à adaptação dos animais a dieta e 50 dias para coleta de amostras e dados. Os animais foram alojados em baias individuais, com área de 2 x 1,10 m e piso cimentado. As baias continham comedouros de madeira e bebedouros individuais.

Ao início do experimento foram realizadas medidas de controle sanitário com Dectomax® (1 ml de doramectina para cada 50 kg de peso vivo), a fim de controlar endoparasitas e ectoparasitas. Os animais foram vacinados com Resguard Multi® (toxoides de *Clostridium perfringens* B e D e *Clostridium botulinum* C e D) para prevenção das clostridioses nos animais.

Os animais passaram por jejum de 16 horas para realização da pesagem inicial, e em seguida receberam suas respectivas dietas, as quais foram calculadas para suprir as exigências de ganho médio diário de 150 g/dia (NRC, 2007) (Tabelas 1 e 2)..

Tabela 6. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na composição das dietas experimentais com base na matéria seca.

Nutrientes (g/kg MS)	Níveis de FMD ¹ (%)				FMD	FM	FS
	0	10	20	40			
MS	213,63	232,13	269,26	308,67	865,45	856,60	873,61
MM	71,90	73,96	97,07	84,21	103,70	20,29	64,98
MO	928,10	926,04	902,93	915,79	896,30	979,71	935,02
PB	43,90	97,40	140,10	182,20	380,10	85,60	491,20
EE	34,55	59,04	44,73	48,07	7,68	66,89	134,57
FDN	707,98	599,58	608,92	532,97	412,98	249,46	235,36
FDA	176,00	160,45	88,50	138,60	64,10	14,30	36,40
CHOS	849,65	769,60	718,10	685,53	508,52	827,21	309,24
CNF	141,68	170,02	109,18	152,55	95,54	577,75	73,88

¹10% = silagem de cana-de-açúcar; 10% = silagem de cana-de-açúcar aditivada com 10% de FMD; 20% = silagem de cana-de-açúcar aditivada com 20% de FMD; 40% = silagem de cana-de-açúcar aditivada com 40% de FMD; FMD= Farelo de mamona destoxificado; FM= Farelo de milho; FS= Farelo de soja; MS= Matéria seca; MM= Matéria mineral; MO= Matéria orgânica; PB= Proteína bruta; EE= Extrato etéreo; FDN= Fibra em detergente neutro; FDA= Fibra em detergente ácido; CHOS= Carboidratos Solúveis; CNF= Carboidrato não fibroso.

Tabela 7. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais utilizadas em ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado com base na matéria seca.

Ingredientes, g/kg	Dietas experimentais ¹			
	0%	10%	20%	40%
FMD	0,00	47,50	95,10	190,10
Farelo de milho	314,60	354,10	404,00	503,80
Farelo de soja	187,70	149,70	99,80	0,00
SC	475,30	427,80	380,20	285,20
Ureia	1,40	0,00	0,00	0,00
Núcleo mineral	11,40	11,40	11,40	11,40
Cloreto de amônio	9,50	9,50	9,50	9,50
Sulfato de amônio	0,10	0,00	0,00	0,00
Composição química, g/kg				
MS	557,18	587,30	617,47	677,80
MM	52,75	52,60	51,88	50,44
MO	924,85	926,50	927,22	928,66
PB	143,94	140,68	136,44	127,90
EE	62,73	58,98	54,32	45,01
FDN	459,16	446,06	432,72	406,10
FDA	94,98	88,85	82,42	69,58
CHOS	722,13	726,85	736,45	755,74
CNF	262,97	280,79	303,74	349,64

¹0%= silagem de cana-de-açúcar; 10%= silagem de cana-de-açúcar aditivada com 10% de FMD; 20%= silagem de cana-de-açúcar aditivada com 20% de FMD; 40%= silagem de cana-de-açúcar aditivada com 40% de FMD; FMD= farelo de mamona destoxificada; SC= silagem de cana-de-açúcar; MS= Matéria seca; MM= Matéria mineral; MO= Matéria orgânica; PTN= Proteína; EE= Extrato etéreo; FDN= Fibra em detergente neutro; FDA= Fibra em detergente ácido; CHOS= Carboidratos Solúveis; CNF= Carboidrato não fibroso.

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8:00 e às 16:00h, em quantidade correspondente a 3,5% do peso vivo (PV) dos animais, com ajustes diários baseados no consumo do dia anterior, permitindo sobras de até 10%.

2.4 Parâmetros sanguíneos

As amostras de sangue foram coletadas no primeiro e no quadragésimo oitavo dia experimental, antes da alimentação matinal dos animais. A coleta foi realizada por meio de pulsão na veia jugular após desinfecção com álcool iodado, utilizando tubos a vácuo de 4 ml.

Após a coleta, as amostras foram imediatamente encaminhadas ao laboratório para a realização do hemograma, que incluiu a análise de hemoglobina (Hb) (cianometahemoglobina descrito por Collier, (1944), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina globular média (CHCM), leucócitos (por hemocítômetro), bastonetes, segmentados, eosinófilos, linfócitos, monócitos (corante rápido Panótico segundo Rosenfeld, 1947) e plaquetas, além da mensuração dos níveis de alanina aminotransferase (ALT) e fosfatase alcalina (FA).

2.5 Procedimentos de Abate

Ao fim do período experimental, os animais foram levados ao abatedouro municipal de São José dos Cordeiros, localizada no Cariri paraibano. E após um jejum de 16 horas de sólidos, foram abatidos, sendo previamente insensibilizados por concussão cerebral, seguida de sangria pela secção das veias jugulares e das artérias carótidas. Todos os procedimentos seguiram de acordo com os padrões de Serviço de Inspeção Estadual (SIE) da Paraíba, respeitando as normas de abate humanizado,

2.6 Coleta histopatológicas e análises laboratoriais

Após o abate, foram coletadas amostras de rúmen, rim e fígado para análises histomorfométricas no Laboratório de Histologia Animal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Para isso, foram seccionados fragmentos menores que 0,5 cm³ do fígado e rim, e fragmentos menores que 1 cm² do rúmen, os quais foram fixados em formol a 10%, acondicionados em recipientes coletores individuais estéreis e identificados.

A técnica histológica consistiu na desidratação dos fragmentos, seguida de clarificação e inclusão em parafina. Para a desidratação, as amostras foram imersas em solução crescente de álcool etílico (70%, 90%, 100% I e 100% II), durante uma hora cada. Em seguida, as amostras foram submersas por uma hora na solução de álcool e xilol (50% - 50%). Para a clarificação, as amostras foram deixadas em solução de xilol I por uma hora e, em seguida, por mais uma hora em solução de xilol II. Por fim, as amostras foram banhadas em solução de parafina I e em seguida em parafina II por uma hora cada, até a inclusão definitiva em blocos de parafina.

A microtomia dos blocos contendo as amostras foi realizada com a espessura de 5 μm , para que então fossem preparadas as lâminas. Para realização das medidas histomorfométricas e histopatológicos, as lâminas foram coloradas com hematoxilina e eosina (HE). Após a coloração, as lâminas foram visualizadas em um microscópio Olympus BX53F (Tóquio, Japão) acoplado a uma câmera fotográfica digital (Olympus DP73) e utilizando o software cellSens Dimension®. Para as análises do fígado e rins, utilizou-se a lente objetiva de 40x, enquanto para o rúmen, utilizou-se a lente objetiva de 4x.

As análises morfométricas do rúmen envolveram a medição da altura (da base ao ápice) e largura das papilas (na região média), além da espessura da camada queratinizada do epitélio e da camada muscular. Para essas análises, seis animais foram utilizados em cada tratamento, seguindo o processamento histológico previamente descrito. Para cada animal, foram realizadas cinco mensurações com a objetiva de 4x, perfazendo um “n” amostral de 30 mensurações por tratamento (animal x mensurações).

Para a realização das análises hepáticas, foram capturadas cinco imagens microscópicas por animal, totalizando 30 amostras por tratamento (5 imagens x 6 animais). A fim de quantificar o glicogênio hepático, o observador avaliou o grau de coloração positiva pela coloração de histoquímica PAS (periodic acid Schiff) (que é proporcional à quantidade de glicogênio hepático armazenado). Para cada uma das cinco imagens microscópicas, um score foi atribuído, variando de 0 a 3, sendo 3 o grau mais elevado de deposição de glicogênio, utilizando a metodologia modificada de Ishak (1995). Para a avaliação do rim, foram capturadas seis fotomicrografias por animal, totalizando 36 amostras por tratamento (6 animais x 6 imagens microscópicas). Em cada uma das 36 imagens, o mesmo observador examinou os componentes do néfron (corpúsculo renal, túbulos contorcidos proximais, alça de *Henle* e túbulos contorcidos distais), a fim de detectar possíveis alterações histopatológicas e lesões renais.

2.7 Análise estatística

As variáveis do hemograma, com exceção da ALT e FA, foram submetidas a análise de variância como medida repetida ao longo do tempo, uma vez que essas

características foram avaliadas no primeiro e no quadragésimo oitavo dia do experimento.

O modelo misto utilizado nessa análise pode ser descrito como:

$$y_{ijkl} = \mu + A_i + S_j + T_k + \alpha_{jk}(ST) + \varepsilon_{ijkl},$$

onde:

y_{ijkl} é o registro da característica sob análise;

μ é a média geral;

A_i é o efeito aleatório de i-ésimo animal;

S_j é o efeito fixo do j-ésimo nível de substituição (j = 0, 10, 20 e 40);

T_k é o efeito fixo do k-ésimo tempo (k = 1 e 48);

$\alpha_{jk}(ST)$ é o efeito fixo da interação entre j-ésimo tratamento e o k-ésimo tempo;

ε_{ijkl} é o resíduo aleatório para o qual se assume $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

Para as demais características foi realizada análise de variância com o modelo:

$$y_{ij} = \mu + S_i + \varepsilon_{ij},$$

onde:

y_{ij} é o registro da característica sob análise;

μ é a média geral;

S_j é o efeito fixo do i-ésimo nível de substituição (j = 0, 10, 20 e 40);

ε_{ij} é o resíduo aleatório para o qual se assume $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

Todas as análises foram conduzidas utilizando o procedimento MIXED do programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute Inc., 2015). Para cada característica avaliada, todas as estruturas de matrizes de covariância disponíveis no SAS foram testadas com o modelo misto mencionado acima. A matriz que resultou no menor valor do Critério de Inferência Bayesiano (BIC) foi escolhida. Em todas as análises, o nível de significância adotado foi de 5%.

Para os escores de glicogênio hepático (de 0 a 3) a análise estatística com mensurações individuais foi realizada por meio das análises de variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey à 5% entre os tratamentos, através do PROC GLM do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 2015).

3 RESULTADOS

Não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$) da inclusão de FMD na ensilagem de cana-de-açúcar sobre as variáveis de espessura do tecido muscular (ETM) e altura da papila (AP) do rúmen (Tabela 3). Contudo, observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para as variáveis de espessura do epitélio (EE) e largura da papila (LP), em função dos níveis de FMD, com valores mínimos estimados pelo modelo de regressão nos níveis de 0,69% e 1,22% de FMD, respectivamente. Quanto à variável de porção queratinizada (PQ), observou-se efeito linear ($P < 0,05$), com valores variando de 32,28 a 50,44 mm (Tabela 3).

Tabela 8. Variáveis histomorfométricas (mm) do epitélio ruminal de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado.

Variáveis	Níveis de FMD ¹ (%)				P-valor	
	0	10	20	40	Linear	Quadrático
EE ² (mm)	107,65 ± 15,01	132,71 ± 15,01	123,83 ± 16,44	234,96 ± 15,01	0,0046	0,0314
ETM (mm)	870,00 ± 76,29	1016,30 ± 76,29	941,20 ± 76,29	938,78 ± 76,29	0,7045	0,3414
PQ ³ (mm)	32,28 ± 3,69	34,96 ± 3,69	44,32 ± 3,69	50,44 ± 3,69	0,0241	0,8126
AP (mm)	1520,37 ± 139,27	1531,27 ± 139,27	1313,18 ± 139,27	1660,46 ± 139,27	0,7488	0,2413
LP ⁴ (mm)	420,81 ± 33,02	380,52 ± 33,02	353,23 ± 36,18	541,76 ± 33,02	0,3265	0,0274

EE = Espessura do epitélio; ETM = Espessura do tecido muscular; PQ = Porção queratinizada; AP = Altura de papila; LP = Largura da papila; ALT = Alanina aminotransferase; FA = Fosfatase alcalina.

¹Farelo de mamona destoxificado;

² $Y = 116,11 - 31,56x + 22,78x^2$; $R^2 = 0,74$;

³ $Y = 6,2953x + 31,131$; $R^2 = 0,58$;

⁴ $Y = 431,96 - 143,74x + 58,877x^2$; $R^2 = 0,59$.

Não houve efeito significativo nas variáveis de eritrócitos e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM). No entanto, observou-se um efeito isolado do fator Tempo (Tabela 4) para as variáveis de hemoglobina ($P = 0,0043$), hematócrito ($P = 0,0067$) e volume corpuscular médio ($P = 0,0068$). Ao comparar o primeiro dia com o quadragésimo oitavo, constatou-se um aumento na maioria das variáveis de eritrograma, exceto para as variáveis: eritrócitos no nível de 0% e CHCM nos níveis de 10, 20 e 40%.

Tabela 9. Médias, erros-padrão das médias e probabilidade dos testes F dos valores de eritrograma de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado.

Variáveis	Tempo (dia)	Níveis de FMD ¹ (%)				Média	Probabilidade dos Testes F				
		0	10	20	40		Trat.	Tempo	T x T	Contrastes	
										L	Q
Eritrócitos	1	10,44 ± 0,80	10,12 ± 0,73	9,83 ± 0,73	9,58 ± 0,73	10,50 ± 0,37	0,4014	0,3753	0,1357	0,8159	0,5158
	48	10,42 ± 0,73	10,91 ± 0,73	10,74 ± 0,73	11,71 ± 0,73	10,95 ± 0,37					
	Média	10,43 ± 0,56	11,52 ± 0,54	10,29 ± 0,54	10,65 ± 0,54						
Hemoglobina	1	9,22 ± 0,59	10,78 ± 0,59	8,92 ± 0,59	9,00 ± 0,59	9,48 ^b ± 0,30	0,1543	0,0043	0,5028	0,8709	0,3169
	48	10,28 ± 0,59	11,22 ± 0,59	10,51 ± 0,59	11,15 ± 0,59	10,79 ^a ± 0,30					
	Média	9,75 ± 0,43	11,00 ± 0,43	9,71 ± 0,43	10,08 ± 0,43						
Hematócrito	1	30,19 ± 1,96	33,90 ± 1,80	27,58 ± 1,80	26,92 ± 1,80	29,65 ^b ± 0,92	0,1727	0,0067	0,1905	0,3868	0,3348
	48	31,63 ± 1,80	34,47 ± 1,80	32,35 ± 1,80	33,93 ± 1,80	33,10 ^a ± 0,90					
	Média	30,91 ± 1,46	34,18 ± 1,41	29,97 ± 1,41	30,43 ± 1,41						
VCM	1	28,74 ± 1,11	28,10 ± 1,01	28,22 ± 1,01	28,42 ± 1,01	28,37 ^b ± 0,52	0,6679	0,0068	0,4837	0,3480	0,4556
	48	30,05 ± 1,01	31,85 ± 1,01	30,75 ± 1,01	29,05 ± 1,01	30,54 ^a ± 0,51					
	Média	29,62 ± 0,75	29,98 ± 0,72	29,48 ± 0,72	28,73 ± 0,72						
CHCM	1	32,24 ± 0,49	31,80 ± 0,45	32,43 ± 0,45	33,67 ± 0,45	32,53 ± 0,23	0,0656	0,4557	0,5607	0,0560	0,0655
	48	32,45 ± 0,45	31,65 ± 0,49	32,38 ± 0,45	32,82 ± 0,45	32,33 ± 0,23					
	Média	32,34 ± 0,38	31,73 ± 0,38	32,41 ± 0,37	33,24 ± 0,37						

Trat. – tratamento; T x T = Interação Tratamento x Tempo; L – Linear; Q – Quadrático; VCM – Volume corpuscular médio; CHCM – Concentração de hemoglobina corpuscular média.

¹Farelo de mamona destoxificado.

Não foi observado efeito significativo para as variáveis de eosinófilos, volume plaquetário médio e proteína plasmática (Tabela 5). No entanto, para as variáveis de leucócitos, segmentados e linfócitos, foi identificado um efeito significativo apenas do fator Tempo ($P = 0,0059$; $0,0540$ e $0,0073$, respectivamente).

Houve interação ($P = 0,0149$) entre os níveis de FMD e o tempo para os monócitos. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de FMD nos tempos 1 e 48 dias, apresentando médias de $5,174$ e $3,166$, respectivamente. Em relação com fator tempo dentro de cada nível de FMD, observou-se diferença ($P < 0,05$) nos níveis de 0, 20 e 40% de FMD, com os maiores valores para os monócitos sendo observados no 1º dia de coleta, não diferindo entre si. Contudo, não houve diferença do tempo no nível de 10% de FMD (Tabela 5).

Tabela 10. Médias, erros-padrão das médias e probabilidade dos testes F para as variáveis de leucograma de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado.

Variáveis	Tempo	Níveis de FMD ¹ (%)				Média	Probabilidade dos Testes F			
		0	10	20	40		Tempo	T x T	Contrastes	
									L	Q
Leucócitos	1	10700 ± 990,96	9316,67 ± 990,96	9710,00 ± 1065,48	9400,00 ± 990,96	9781,67 ^a ± 505,05	0,0059	0,0719	0,2173	0,3589
	48	7933,33 ± 990,96	9866,67 ± 990,96	8633,33 ± 990,96	6283,33 ± 990,96	8179,17 ^b ± 495,48				
	Média	9316,67 ± 849,22	9591,67 ± 849,22	9171,66 ± 871,48	7841,67 ± 849,22					
Segmentados	1	52,17 ± 4,02	50,33 ± 4,02	49,67 ± 4,02	52,67 ± 4,02	51,21 ± 2,01	0,0540	0,5337	0,4267	0,6112
	48	44,33 ± 4,02	41,17 ± 4,02	50,17 ± 4,02	48,67 ± 4,02	46,08 ± 2,01				
	Média	48,25 ± 3,15	45,75 ± 3,15	49,92 ± 3,15	50,67 ± 3,15					
Eosinófilos	1	1,33 ± 0,28	1,83 ± 0,28	1,83 ± 0,28	1,83 ± 0,28	1,71 ± 0,14	0,2947	0,2668	0,9363	0,5428
	48	1,67 ± 0,28	1,83 ± 0,28	1,18 ± 0,30	1,33 ± 0,28	1,50 ± 0,14				
	Média	1,50 ± 0,21	1,83 ± 0,21	1,51 ± 0,21	1,58 ± 0,21					
Linfócitos	1	42,17 ± 3,84	44,17 ± 3,84	41,83 ± 3,84	39,83 ± 3,84	42,00 ^b ± 1,92	0,0073	0,7904	0,3626	0,8557
	48	51,00 ± 3,84	53,00 ± 3,84	44,83 ± 3,84	48,67 ± 3,84	49,38 ^a ± 1,92				
	Média	46,58 ± 2,94	48,58 ± 2,94	43,33 ± 2,94	44,25 ± 2,94					
Monócitos	1	4,33 ^a ± 0,63	3,87 ^a ± 0,68	6,67 ^a ± 0,63	5,83 ^a ± 0,63	5,17 ^a ± 0,32	<0,0001	0,0149	0,2053	0,4887
	48	3,00 ^b ± 0,63	4,00 ^a ± 0,63	2,83 ^b ± 0,63	2,83 ^b ± 0,63	3,17 ^b ± 0,31				
	Média	3,67 ± 0,48	3,93 ± 0,50	4,75 ± 0,48	4,33 ± 0,48					
Plaquetas	1	703798 ± 81188	719667 ± 74752	632167 ± 74752	674833 ± 74752	682616 ± 38140	0,1434	0,0528	0,3762	0,3990
	48	475500 ± 74752	563113 ± 90207	776500 ± 74752	626167 ± 74752	610320 ± 39386				
	Média	589649 ± 61753	641390 ± 64635	704333 ± 59444	650500 ± 59444					
VPM	1	5,46 ± 0,14	5,48 ± 0,13	5,12 ± 0,13	5,10 ± 0,14	5,29 ± 0,07	0,3687	0,1359	0,0214	0,3687
	48	5,58 ± 0,13	5,20 ± 0,13	5,36 ± 0,14	5,35 ± 0,13	5,37 ± 0,06				
	Média	5,52 ± 0,09	5,34 ± 0,09	5,24 ± 0,09	5,22 ± 0,09					
PP	1	7,28 ± 0,10	7,28 ± 0,10	7,32 ± 0,10	7,35 ± 0,10	7,31 ± 0,05	0,0795	0,4620	0,6684	0,3788
	48	7,65 ± 0,19	7,53 ± 0,19	7,25 ± 0,19	7,52 ± 0,19	7,49 ± 0,09				
	Média	7,47 ± 0,12	7,41 ± 0,12	7,28 ± 0,12	7,43 ± 0,12					

Trat. – tratamento; T x T = Interação Tratamento x Tempo; L – Linear; Q – Quadrático. VPM = Volume plaquetário médio; PP = Proteína plasmática.

¹Farelo de mamona destoxificado.

Não foram observados efeitos significativos para as variáveis de alanina aminotransferase e fosfatase alcalina (Tabela 6), que são indicadores de possíveis alterações hepáticas. Em relação à variável de glicogênio hepático (Tabela 6), verificou-se que a inclusão de 40% de FMD resultou em uma menor reserva quando comparada aos demais tratamentos.

Tabela 11. Score de reservas de glicogênio hepático, frequência de scores por tratamento e percentual de alanina aminotransferase e fosfatase alcalina de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado.

destoxificado.

Tratamentos	Score adaptado de Ishak*			Média/DP
	1	2	3	
	Frequência de scores por tratamento**			
0%	13	16	13	2,000±0,796 A
10%	11	22	4	1,810±0,616 AB
20%	22	8	6	1,555±0,772 B
40%	21	14	1	1,444±0,557 B

Variáveis	Percentual de farelo de mamona na silagem***				P-valor	
	0	10	20	40	L	Q
ALT	29.60 ± 4.72	37.33 ± 4.31	32.00 ± 4.31	34.17 ± 4.31	0.6822	0.5360
FA	34.00 ± 9.11	52.67 ± 9.11	34.33 ± 9.11	28.00 ± 9.11	0.3829	0.1850

*1 (Pouca positividade), 2 (positividade moderada) e 3 (positividade intensa), adaptado de Ishak *et al.* (1995). **Frequência do score de cada fotomicrografia analisada por tratamento. $P < 0,005$ ANOVA, por teste Tukey. ***ALT = Alanina aminotransferase; FA = Fosfatase alcalina. $^1Y = 22,78x - 31,56x + 116,11$; $R^2 = 0,74$; $^2Y = 6,2953x + 31,131$; $R^2 = 0,58$; $^3Y = 58,877x - 143,74x + 431,96$; $R^2 = 0,59$.

Com relação às variáveis histopatológicas dos rins (Tabela 7), foram observados cilindros hialinos em todos os grupos, inclusive no grupo controle com 0% de adição de FMD a silagem. No entanto, não foram observados sinais de necrose ou inflamação nos rins de nenhum dos grupos, independentemente da concentração de FMD.

Tabela 12. Alterações histológicas observadas nos rins de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado em concentrações crescentes.

Variáveis	Níveis de FMD ¹ (%)			
	0%	10%	20%	40%
Cilindros hialinos	+	+	+	+
Necrose	-	-	-	-
Inflamação	-	-	-	-

- Ausente; + Leve; ++ Moderada; +++ Moderada e Acentuada.

¹Farelo de mamona destoxificado.

De forma geral, não foram identificadas alterações prejudiciais significativas no hemograma, leucograma ou em efeitos histopatológicos, que sugiram a ocorrência de intoxicação por ricina devido à inclusão do FMD nas dietas dos animais, fazendo com que seja então possível recomendar a utilização do FMD na dieta de ovinos, desde que sejam respeitados os níveis e o tempo que foram avaliados neste trabalho.

4 DISCUSSÃO

O aumento da largura das papilas ruminais pode ocorrer em resposta a uma maior ingestão de alimentos ou a uma dieta rica em fibras. Quando os ruminantes consomem dietas sólidas, as papilas ruminais se adaptam para maximizar a absorção de nutrientes, aumentando sua superfície de contato (Berchielli *et al.*, 2006; Monção *et al.*, 2013). Com isso, pode-se dizer que é possível que a inclusão do FMD nas dietas tenha levado ao aumento da largura das papilas ruminais (Tabela 3), provavelmente devido ao fornecimento adicional de concentrados. Isso ocorreu porque as silagens aditivadas com FMD já continham concentrados em sua composição, o que resultou em uma redução no percentual de cana-de-açúcar na dieta.

Segundo Dantas Júnior *et al.* (2022), o concentrado pode aumentar a produção de ácidos graxos voláteis (AGVs), especialmente quando o concentrado em questão contém altos teores de carboidratos, como é o caso do farelo de mamona (Santos 2008; Wang *et al.*, 2017).

Deste modo, Berchielli *et al.* (2006) destacam que os ruminantes utilizam os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como sua principal fonte de energia, especialmente o acético, propiônico e butírico, que são produzidos principalmente a partir da fermentação de carboidratos. Esses AGCC são fundamentais para o desenvolvimento das papilas ruminais, pois estimulam a proliferação das células do epitélio ruminal (Costa *et al.*, 2008).

Assim, a adição de 40% de farelo de mamona à dieta favoreceu um maior desenvolvimento das papilas ruminais em termos de largura (Tabela 03), aumentando consequentemente a área de absorção (Monção *et al.*, 2013). Em um estudo realizado com ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com FMD, Dantas Júnior *et al.* (2022) observou que os tratamentos que resultaram em um aumento na altura e largura das papilas ruminais também apresentaram uma melhora no desempenho dos animais.

Barboza *et al.* (2019) e Lima *et al.* (2018) observaram que a presença de fatores antinutricionais pode levar à hipertrofia da porção queratinizada do epitélio ruminal (Tabela 3). Da mesma forma, Silva (2017) destacou que certas substâncias presentes nos alimentos podem ter um efeito abrasivo na mucosa ruminal, resultando em um aumento na espessura da porção queratinizada.

De acordo com Nascimento (2018), o aumento na espessura da porção queratinizada (Tabela 3) pode ser uma tentativa do organismo de compensar essa alteração. Já Banks (1992) destaca que as porções não queratinizadas do epitélio ruminal são metabolicamente ativas e são responsáveis pela absorção e metabolismo dos produtos da fermentação.

O eritrograma é um exame que avalia os glóbulos vermelhos e pode ser utilizado para detectar a presença de anemia, caracterizada pela redução na contagem global de hemácias, hematócritos e concentração de hemoglobinas (Silva, 2017). No presente estudo, não foram observadas alterações nos valores desses parâmetros (Tabela 4), indicando que os animais não apresentavam sinais de anemia decorrente de hemorragia, que é um dos principais sintomas da intoxicação pela ricina, presente no farelo de mamona (Armién *et al.*, 1996; Bianchi *et al.*, 2018).

De acordo com Diniz *et al.* (2009), a normalidade dos valores de hematócrito, hemácias e hemoglobina sugere a ausência de intoxicação aguda pela ricina, indicando que os possíveis efeitos residuais dessa substância no farelo de mamona destoxificado estiveram limitados à ação no trato digestório dos animais, porém sem afetar a produção. Essa hipótese é corroborada pela análise histológica do rúmen dos ovinos, que não revelou alterações significativas.

O leucograma é um exame laboratorial que avalia a contagem e a proporção dos diferentes tipos de células brancas do sangue (leucócitos). Essas células são responsáveis pela defesa do organismo contra infecções e doenças, fazendo parte do sistema imunológico individual (Silva, 2017).

Nesse contexto, foram observados efeitos significativos apenas ao longo do tempo para algumas das variáveis analisadas (Tabela 5), não sendo verificados efeitos adversos da inclusão do FMD nas respostas do leucograma, visto que na Tabela 6 e na Tabela 7, não foram observadas lesões nos órgãos avaliados.

Além disso, todas as variáveis permaneceram dentro dos valores de referência estabelecidos por Weiss e Wardrop (2010), indicando que os ovinos mantiveram o parâmetro do início ao final do experimento.

O aumento nos níveis de linfócitos pode sugerir uma resposta imune ativa por parte dos animais, o que é esperado em situações de estresse por confinamento. Por outro lado, o aumento nos níveis de monócitos pode estar relacionado a processos inflamatórios ou estresse, possivelmente influenciados também pelo tempo

prolongado em que os animais permaneceram confinados. Esses resultados reforçam a importância de considerar não apenas os efeitos da dieta, mas também outros fatores, como comportamento e o tempo de confinamento, que podem influenciar diretamente na saúde e na resposta fisiológica dos animais (Nóbrega *et al.*, 2011; Nordi *et al.*, 2012; Moraes *et al.*, 2020).

Em relação às variáveis histopatológicas do rim (Tabela 7), observa-se que a adição de FMD não resultou em lesões renais significativas. A presença leve de cilindros hialinos foi identificada desde o grupo controle (0%), e mesmo após a ingestão de FMD, não houve alteração. Isso sugere que a presença dos cilindros hialinos não está diretamente associada à adição do FMD, podendo ser justificada por outros fatores, como estresse térmico ou desidratação.

Botha e Penrith (2009) observaram que a intoxicação por ricina pode induzir degeneração tubular necrótica, glomerulonefrite membranosa e congestão renal. No entanto, essas lesões não foram observadas neste estudo, o que está de acordo com os resultados dos parâmetros sanguíneos, indicando a ausência de toxicidade.

Além dessas lesões, alguns autores (Armién *et al.*, 1996; Bianchi *et al.*, 2018) também citam que a ricina pode causar hemorragia e necrose multi-focal em órgãos linfoides, o que também não foi observado nesse estudo.

Ao avaliar a utilização do FMD após destoxificação pelo método alcalino, Dantas Júnior *et al.*, (2022) observou a presença de hemorragia e cilindros hialinos, além de congestão renal leve e moderada. Assim, pode-se concluir que, o método de destoxificação por meio de alta temperatura, utilizado neste estudo, associado ao processo de ensilagem, mostrou-se eficiente em atenuar/eliminar a toxidez, dada a ausência de lesões renais.

Resultados semelhantes ao desse trabalho também foram encontrados por Araújo *et al.* (2022a), onde observaram que, a torta de mamona destoxificada por soluções alcalinas, mostrou ser uma alternativa viável na alimentação de cabritos, uma vez que a mesma não afetou a funcionalidade do fígado e dos rins dos animais.

Araújo *et al.* (2022b) ao avaliar o desempenho nutricional, função hepática e renal em cabras alimentadas com dietas contendo torta de mamona destoxificada, em diferentes fases de gestação, observaram que as dietas também não alteraram a função hepática e renal dos animais.

Outros autores (Araújo *et al.*, 2020; Araújo *et al.*, 2021) ao avaliar a função renal e hepática de cabras alimentadas com dietas contendo torta de mamona destoxificada por métodos alcalinos, também não encontraram alterações na funcionalidade renal e hepática dos animais.

Portanto, os resultados deste estudo indicam que a inclusão do FMD na silagem de cana-de-açúcar não causou intoxicação aguda nos animais, demonstrando uma possível toxidez incipiente ou mesmo ausência de intoxicação para o período de uso de 60 dias. Provavelmente, o método de destoxificação realizado, associado à atividade microbiológica durante a ensilagem, reduziu a toxidez a níveis irrisórios, permitindo que os animais permanecessem saudáveis e sem alterações prejudiciais ao funcionamento dos órgãos avaliados. Esses achados são importantes para a compreensão dos efeitos da inclusão de ingredientes alternativos na alimentação animal, destacando a importância da avaliação cuidadosa dos possíveis efeitos adversos desses ingredientes na saúde dos animais.

5 CONCLUSÃO

Recomenda-se a inclusão de até 40% do farelo de mamona destoxificado para utilização na silagem de cana-de-açúcar em dietas de ovinos sem causar impactos negativos na saúde dos animais.

REFERÊNCIAS

ALBRETSEN, J. C.; GWALTNEY-BRANT, S. M.; KHAN, S. A. Evaluation of castor bean toxicosis in dogs: 98 cases. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 36, n. 3, p. 229-233, 2000.

ARAÚJO, R.A. *et al.* Detoxified castor in the diets of dairy goats: I. Effects on intake, digestibility, and renal and hepatic parameters. **Revista Brasileira De Zootecnia- Brazilian Journal Of Animal Science**, v. 49, p. 1-9, 2020.

ARAÚJO, R.A. *et al.* Goats Fed Detoxified Castor Cake In Different Physiological Stages: II. Nutritional Parameters, Hepatic And Renal. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 20, p. 112-121, 2021.

ARAÚJO, R.A. *et al.* Goats kids fed diets containing castor cake detoxified: II. Nitrogen balance and function hepatic and renal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 44, p. e54370, 2022a.

ARAÚJO, R.A. *et al.* Nutritional performance, hepatic and renal function in goats fed diets containing detoxified castor cake at different stages of pregnancy. **Anais Da Academia Brasileira De Ciências**, v. 94, p. e20201775, 2022b.

ARMÍEN, A. G. *et al.* Spontaneous and experimental glycoprotein storage disease of goats induced by *Ipomoea carnea* subsp *fistulosa* (Convolvulaceae). **Veterinary Pathology**, v. 44, n. 2, p. 170-184, 2007.

ASLANI, Mohammad Reza *et al.* Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. **Toxicon**, v. 49, n. 3, p. 400-406, 2007.

BANKS, W. J. **Histologia Veterinária Aplicada**. 5. ed. São Paulo: Manole, 1992. 629 p.

BARBOZA, S. C. R. *et al.* Ovines submitted to diets containing cassava foliagehay and spinelesscactus forage: histologicalchanges in thedigestive and renal systems. **Tropical animal health and production**, Areia-PB, v. 51, n. 6, p. 1689-1697, 2019.

BERCHIELLI, T. T., PIRES, A.V. OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583 p.

BIANCHI, M. V. *et al.* Intoxicação espontânea por *Ricinus communis* em ovinos. **Acta scientiae veterinariae**, Porto Alegre, RS, Vol. 46, supl. 1 (2018), Pub. 294, 4 p., 2018.

BOTHA, C. J.; PENRITH, M. L. Potential plant poisonings in dogs and cats in southern Africa. **Journal of the South African Veterinary Association**, v. 80, n. 2, p. 63-74, 2009.

COLLIER, H. B. The standardization of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, [S.l.] v. 50, p. 550-552, 1944.

COSTA, S. F. *et al.* Lactate, propionate and, butyrate induced morphological alterations on calf ruminal mucosa and epidermis - histological aspects, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Lavras-MG, v. 60, p. 1–9. 2008.

DANTAS JÚNIOR, P.R. *et al.*, Performance and intestinal histology of sheep fed detoxified castor bean meal in sugarcane silage. **South African Journal of Animal Science**, v. 51, p. 735-744, 2022.

DINIZ, L. M. T. *et al.* Select thinning and plant population in of the castor oil plant. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 247, 2009.

FONSECA, N. B. S.; SOTO-BLANCO, Bo. Toxicidade da ricina presente nas sementes de mamona. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1415-1424, 2014.

GODOY, M. G. *et al.* Use of a low-cost methodology for biodegradation of castor bean waste and lipase production. **Enzyme and microbial technology**, v. 44, n. 5, p. 317-322, 2009.

HONG, Il-Hwa *et al.* Fetal death of dogs after the ingestion of a soil conditioner. **Experimental and toxicologic pathology**, v. 63, n. 1-2, p. 113-117, 2011.

ISHAK, K. Histological grading and staging of chronic hepatitis. **J hepatol**, [S.l.] v. 22, p. 696-699, 1995.

LIMA, T. J. *et al.* Ruminal and morphometric parameters of the rumen and intestines of sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Napolea cochenillifera* Salm Dyck). **Tropical Animal Health and Production**, Campina Grande-PB, v. 51, p. 363-368, 2018.

MADEIRA JR, J. V.; MACEDO, J. A.; MACEDO, G. A. Detoxification of castor bean residues and the simultaneous production of tannase and phytase by solid-state fermentation using *Paecilomyces variotii*. **Bioresource technology**, v. 102, n. 15, p. 7343-7348, 2011.

MONÇÃO, F. P. *et al.* Development of microbiota ruminal calf - literature review. **Revista Unimontes Científica**. 15 (ISSN 2236-5257). 2013.

MORAES, Emerson Ricardo *et al.* Efeito do bem-estar e conforto térmico na produção pecuária: uma revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e921997913-e921997913, 2020.

NASCIMENTO, A. G. O. **Análise histomorfométrica do epitélio ruminal de caprinos alimentados com palma forrageira**. 2018. 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. 1th ed. Washington, D.C.: National Academic, 2007. 292p.

NÓBREGA, G. H. *et al.* A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 6, n. 1, p. 9, 2011.

NORDI, W. M. *et al.* Quail (*Coturnixcoturnix japonica*) welfare in two confinement systems. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1001-1008, 2012.

OLIVEIRA, C. H. A. *et al.* Meat quality assessment from young goats fed for long periods with castor de-oiled cake. **Meat Science**, v. 106, p. 16-24, 2015.

ROELS, S. *et al.* Lethal ricin intoxication in two adult dogs: toxicologic and histopathologic findings. **Journal of veterinary diagnostic investigation**, v. 22, n. 3, p. 466-468, 2010.

ROSENFELD, G. Método rápido de coloração de esfregaços de sangue. Noções práticas sobre corantes pancrônicos e estudos de diversos fatores. **Memórias de Instituto Butantã**, [S.l.] v. 20, p. 315-328, 1947.

SANTOS, L. C. Desenvolvimento de papilas ruminais. **PUBVET**, Londrina-PR, v. 2, n. 40, 2008.

SANTOS, M. A. C. **Parâmetros sanguíneos e histopatológicos de ovinos confinados alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivada com farelo de mamona destoxificado**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) -. Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2022.

SAS Institute Inc. SAS/STAT® 14.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2015.

SILVA, I. R. *et al.* Nutritive value of sugarcane silages with different bacterial additives and fermentation periods. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Chapadina-MA, v. 21, p. 01-13, 2020.

SILVA, M. L. **Parâmetros sanguíneos de ovinos alimentados com coprodutos da bananicultura**. 2017. 27 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros-MG, 2017.

SOTO-BLANCO, B. *et al.* Ricinus communis cake poisoning in a dog. **Veterinary and human toxicology**, v. 44, n. 3, p. 155-156, 2002.

WANG, B. *et al.* Effects of dietary physical or nutritional factors on morphology of rumen papillae and transcriptome changes in lactating dairy cows based on three different forage-based diets. **BMC Genomics**, Hangzhou-China, p. 1-15, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A inclusão de até 40% de farelo de mamona destoxificado na ensilagem de cana-de-açúcar se mostra uma estratégia viável para a alimentação de ovinos confinados por até 60 dias. Os resultados demonstram que essa prática não compromete o desempenho dos animais em termos de ganho de peso, tampouco impacta negativamente a saúde dos órgãos, conforme indicado pela análise histopatológica desde que respeitado o tempo e nível indicado. Dessa forma, a incorporação do farelo de mamona destoxificado nas dietas de ovinos apresenta-se como uma alternativa eficiente e segura, contribuindo para a sustentabilidade e economia na produção animal sem comprometer a saúde e o desempenho dos ovinos.