

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE LINGUAGEM, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E SOCIAIS APLICADAS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PONTES E LACERDA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

KAROLAYNE FIGUEREDO RODRIGUES

**PARÂMETROS RUMINAIS DE VACAS LACTANTES ALIMENTADAS COM
FARELO DE MAMONA**

PONTES E LACERDA – MT
DEZEMBRO/2024

KAROLAYNE FIGUEREDO RODRIGUES

**PARÂMETROS RUMINAIS DE VACAS LACTANTES ALIMENTADAS COM
FARELO DE MAMONA**

“Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

Orientador(a): Prof. Dr. Danilo Antonio Morenz

PONTES E LACERDA – MT
DEZEMBRO/2024

KAROLAYNE FIGUEREDO RODRIGUES

**PARÂMETROS RUMINAIS DE VACAS LACTANTES ALIMENTADAS COM
FARELO DE MAMONA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a
Coordenação do Curso de Graduação em
Zootecnia da Universidade do Estado de Mato
Grosso, como parte das exigências para obtenção
do título de Bacharel em Zootecnia.

APROVADO EM: 28/11/2024



Documento assinado digitalmente
DANILO ANTONIO MORENZ
Data: 10/12/2024 21:48:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Doutor Danilo Antonio Morenz
Orientador/UNEMAT-Pontes e Lacerda



Documento assinado digitalmente
ALINE BARROS DA SILVA MORENZ
Data: 10/12/2024 22:41:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aline Barros da Silva Morenz
Doutora em Ciência Animal



Documento assinado digitalmente
SILVIA CRISTINA DE AGUIAR
Data: 12/12/2024 10:20:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Silvia Cristina de Aguiar
Doutora em Zootecnia

Dedico este trabalho a Deus e a Jesus Cristo por me tirarem de lugares dos quais eu jamais teria conseguido sair sozinha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, Cosmerindo e Loreni e Joaquim por sempre me mostrarem o caminho e me apoiarem na jornada. Obrigada por serem minha base e meu porto seguro. Sem vocês eu definitivamente não teria chegado até aqui.

Agradeço a Gislaine, por sempre estar comigo mesmo distante me ajudando a suportar o fardo que as vezes pesava demais.

Agradeço a Geciany por ser a irmã que não tive durante a graduação, e depois dela se Deus permitir, obrigada pelas melhores risadas, por dividir o neurônio, os surtos e as cartelas de calmantes.

Agradeço ao Altair, por sempre buscar a solução dos meus problemas mesmo as vezes não sabendo como, obrigada por ser a minha dupla.

Agradeço a Elaine, por estar em todas as fases da minha vida desde a infância, adolescência, agora na vida acadêmica e posteriormente, na vida profissional.

Agradeço ao Alex, por aparecer na minha vida quando eu mais precisava, você me trouxe o amor que eu sempre quis encontrar, obrigada por tudo e por tanto.

Agradeço ao meu orientador Danilo, por toda a paciência em me aturar durante dois semestres, obrigada por ser o melhor orientador que eu poderia ter, serei sempre grata a você por todo o esforço e apoio.

Agradeço a Embrapa Agrossilvipastoril por ser imprescindível para a existência deste trabalho, por ceder o espaço para os experimentos e o laboratório para as análises.

Agradeço a professora Silvia por nos confiar e nos ceder sua segunda casa, o Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LAANA). Obrigada por contribuir significativamente para a minha formação.

Agradeço a técnica de laboratório Cláudia, por nos orientar, nos tirar risadas e levar a alegria e o bom ânimo durante as análises. Obrigada por ser sempre tão simpática e gentil.

Agradeço a Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), mais especialmente ao campus de Pontes e Lacerda e todo o corpo docente por me proporcionar a experiência de uma graduação, por todos os ensinamentos e aprendizados.

Agradeço a banca avaliadora composta pelos professores Aline Barros da Silva Morenz e Silvia Cristina de Aguiar, pelos comentários, sugestões e críticas construtivas que foram fundamentais para o aprimoramento e conclusão deste trabalho.

E por último, mas não menos importante agradeço a Deus por nunca me abandonar, e nunca me deixar sozinha, pelo seu infinito amor, bondade e misericórdia para comigo, obrigada por ser presente nos menores detalhes do meu dia a dia, obrigada por ser um Pai tão bom para mim.

“Primeiro a raiz, depois os frutos. Você não pode colher o que não plantou”.

(Autor desconhecido)

RESUMO

O Brasil é uma grande potência leiteira, entretanto a cadeia da atividade leiteira ainda é bastante heterogênea, e um dos motivos é o alto custo dos alimentos proteicos, consequentemente a busca por subprodutos como ingredientes para a nutrição animal tem aumentando. O farelo de mamona é um ingrediente alternativo, sendo um subproduto proveniente da extração do óleo da mamona que vem se destacando por possuir um alto teor proteico. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não destoxificado no concentrado de vacas lactantes sobre os parâmetros ruminiais. Cinco níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona no concentrado foram avaliados (0, 25, 50, 75 e 100%), utilizando-se cinco vacas em lactação, mestiças das raças Holandês Preto e Branco e Gir-leiteiro (grupo genético $\frac{3}{4}$ Holandês Preto e Branco), primíparas, não gestante, com peso médio de 530 kg, distribuídas em quadrado latino 5x5. As dietas experimentais foram compostas de concentrado e silagem de milho, numa relação volumoso concentrado de 60:40 com base na matéria seca. Não houve influência ($P>0,05$) da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona no concentrado de vacas lactantes sobre o pH e nitrogênio amoniacal. O valor médio de 7,05 para o pH ruminal permaneceu dentro da faixa ideal, sem apresentar quedas que comprometessem a saúde ruminal, nem elevações excessivas que indicassem perda de eficiência na fermentação. A concentração média de $N-NH_3$ encontrada foi de 3,37 mg/dL, mínimo recomendado para manutenção das funções normais do rúmen e a otimização do crescimento microbiano. Com isso, o farelo de mamona pode substituir totalmente o farelo de soja no concentrado de vacas lactantes sem comprometer o pH e nitrogênio amoniacal no rúmen.

Palavras-chave: Destoxificação, Nitrogênio, Nutrição, Ricina, Rúmen

ABSTRACT

Brazil is a major dairy power, but the dairy chain is still quite heterogeneous, and one of the reasons for this is the high cost of protein foods. Consequently, the search for by-products as ingredients for animal nutrition has been increasing. Castor bean bran is an alternative ingredient, a by-product from the extraction of castor bean oil that has been highlighted for its high protein content. The aim of this study was to evaluate the effect of replacing soybean meal with castor bean meal in the concentrate of lactating cows on rumen parameters. Five levels of substitution of soybean meal for castor bean meal in the concentrate were evaluated (0, 25, 50, 75 and 100%), using five lactating, mixed-breed Holstein Black and White and Gir dairy cows (genetic group $\frac{3}{4}$ Holstein Black and White), primiparous, non-pregnant, with an average weight of 530 kg, distributed in a 5x5 Latin square. The experimental diets consisted of concentrate and corn silage, with a 60:40 dry matter to concentrate ratio. There was no influence ($P>0.05$) of replacing soybean meal with castor bean meal in the concentrate of lactating cows on pH and ammoniacal nitrogen. The average rumen pH value of 7.05 remained within the ideal range, with no drops that compromised rumen health or excessive rises that indicated a loss of fermentation efficiency. The average N-NH₃ concentration found was 3.37 mg/dL, the minimum recommended for maintaining normal rumen functions and optimizing microbial growth. As a result, castor bean meal can completely replace soybean meal in the concentrate of lactating cows without compromising pH and ammoniacal nitrogen in the rumen.

Keywords: Destoxificacion, Nitrogen, Nutrition, Ricin, Rumen

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 A MAMONEIRA	13
2.2 COMPONENTES ANTINUTRICIONAIS DA MAMONA.....	16
2.2.1 Ricina	17
2.2.2 Ricinina.....	19
2.2.3 Aglutinina.....	19
2.2.4 Complexo alergênicos CB-1A.....	20
2.3 FARELO DE MAMONA	21
2.4 METABOLISMO DA PROTEÍNA NO RÚMEN	22
2.5 AMBIENTE RUMINAL	23
2.5.1 pH.....	25
2.5.2 Nitrogênio amoniacal	26
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	28
3.2 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS RUMINAIS	30
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes das dietas.....	28
Tabela 2 - Composição (%) das rações concentradas (%MS) em função da inclusão dos ingredientes da dieta utilizada.....	29
Tabela 3 - Potencial hidrogeniônico e níveis de nitrogênio amoniacal do líquido ruminal a diferentes níveis de inclusão de farelo de mamona.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Folhas e inflorescência da mamoneira.....	13
Figura 2- Frutos e sementes de diferentes variedades da mamoneira.....	14
Figura 3- Visão tridimensional da molécula de ricina e suas respectivas cadeias, A (vermelho) e B (Ciano), responsáveis respectivamente pela ação tóxica e por sua entrada na célula.....	17
Figura 4- Modelo cristalográfico da aglutinina.....	19
Figura 5- Coleta do líquido ruminal.....	30

1 INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira está distribuída entre todo território mundial e o consumo de leite é presente em todas as nações. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentos (FAO), só no ano de 2022 a produção global estimada foi de 929,9 milhões de toneladas de leite e seus derivados

O Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano, com produção em 98% dos municípios brasileiros com predominância de pequenas e médias propriedades, empregando, aproximadamente, 4 milhões de pessoas, o país conta com mais de 1 milhão de propriedades produtoras de leite (Mapa, 2024), no qual tem prevalecido o sistema de produção a pasto devido ao seu baixo custo de manutenção.

Apesar de ser uma das principais atividades econômicas do Brasil, a cadeia de atividade leiteira ainda é bastante heterogênea e a tendência é que permaneçam na atividade os produtores com maior visão estratégica, capazes de se adaptar à nova realidade por meio da adoção de tecnologias, aprimoramento na gestão e aumento da eficiência técnica e econômica. Assim, o processo de consolidação no setor deve continuar, e os produtores e laticínios menos eficientes tendem a perder espaço (EMBRAPA, 2024).

A nutrição tem um papel profundamente importante dentre os fatores que exercem influência na produção de leite, sendo um reconhecido pilar na determinação de produtos lácteos. Em determinadas regiões do Brasil existem dois períodos bem distintos em relação à qualidade das pastagens: período das águas, em que ocorre maior concentração de nutrientes na planta, e período seco, em que há redução do conteúdo de nutrientes e disponibilidade de forragem. Por este motivo, a suplementação alimentar destes animais é extremamente importante.

Uma das maneiras de completar o déficit mineral e proteico que as gramíneas apresentam durante o ano é através da suplementação, a qual é feita principalmente por meio de alimentos concentrados ou volumosos que apresentam boa qualidade, entretanto, um planejamento orçamentário estratégico faz-se necessário, tendo em vista que em uma dieta, a proteína é o nutriente mais oneroso. Sendo assim, é interessante a busca por alimentos alternativos, como subprodutos e/ou derivados agroindustriais que não são utilizados na alimentação humana e serão descartados, trazendo danos ao meio ambiente.

Dentre os subprodutos utilizados na nutrição animal, podemos citar o farelo e a torta de mamona. O farelo de mamona é considerado um alimento concentrado proteico, por apresentar

teores de proteína bruta com variação entre 25 e 41% (Souza et al., 2017) e destoxificado apresenta uma média de 38 % de fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com a tabela de composição química e bromatológica de alimentos (CQBAL). Apesar de apresentar em sua composição altos teores de proteína bruta, ele possui princípios tóxicos e alergênicos. A toxidez da mamona ocorre devido a três componentes: a ricina, e ricinina e o complexo alergênico CB-1A são considerados compostos antinutricionais (Junior, 2020).

O nitrogênio amoniacal (NH_4) no rúmen é derivado da degradação da proteína e dos compostos nitrogenados provenientes da dieta. O NH_4 é essencial para a melhoria da digestibilidade da fração fibrosa dos alimentos. As bactérias o utilizam para a síntese de proteína microbiana. Além disso, a presença de nitrogênio no rúmen estimula a produção de enzimas específicas, que são fundamentais para a quebra eficiente dos compostos fibrosos, como celulose e hemicelulose, presentes em forragens e outros alimentos ricos em fibra. (Detmann et al., 2010).

A amônia é o principal componente do metabolismo de nitrogênio em ruminantes. A síntese de proteínas a partir de fontes de nitrogênio não proteico (NNP) ocorre quando as bactérias presentes no rúmen combinam a amônia com esqueletos carbônicos para dar origem a aminoácidos e formar a proteína de origem microbiana. Quando a concentração ruminal de nitrogênio amoniacal está baixa, a eficiência de crescimento microbiano é reduzida, porque a molécula de adenosina trifosfato (ATP) utilizada para crescimento é desviada para captação de nitrogênio (Martins et al., 2016).

O pH ruminal também é uma característica importante associada a degradação da fração fibrosa dos volumosos utilizados na alimentação de ruminantes. Para que os microrganismos ruminais se desenvolvam adequadamente e possam degradar de forma eficiente os alimentos fibrosos, o hospedeiro deve oferecer condições fisiológicas adequadas como pH. De acordo com Silvério et al. (2024) o pH ruminal é um dos principais fatores determinantes da prevalência dos microrganismos no ecossistema ruminal.

Dietas com teor relativamente baixo de fibra efetiva, causam naturalmente uma redução no pH e acréscimo de amido na dieta também diminui o pH ruminal devido ao aumento na concentração de ácidos no rúmen. O aumento do ácido láctico, ocasiona a queda do pH ruminal, levando à morte da população bacteriana celulolítica (Silvério et al., 2024). O equilíbrio do pH está ligado diretamente com a produção de saliva e com a mucosa da parede do rúmen que absorve os AGCCs, produtos da fermentação ruminal (Van Soest, 1994).

O farelo de mamona possui compostos antinutricionais que os ruminantes são capazes de tolera-los, mesmo em níveis elevados, quando adaptados gradualmente. Robb et al., (1974) e Aguiar et al., (2015) avaliaram a composição química e o perfil de ácidos graxos do leite de vacas lactantes alimentadas com o farelo de mamona destoxificado e não observaram a presença de ricina no leite. Contudo, ainda são escassos os trabalhos que avaliaram os parâmetros ruminais de animais alimentados com o farelo de mamona não destoxificado. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona sem destoxificação (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) sobre parâmetros ruminais de vacas lactantes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A MAMONEIRA

A mamoneira (*Ricinus communis*) é conhecida e utilizada há milhares de anos (cerca de 4.000 a.C.). Sementes desta espécie foram encontradas durante escavações no Egito, Sudão e Índia, e relatadas na agricultura antiga do oeste da Ásia e Irã. Considera-se que o centro de variabilidade da *Ricinus communis* seja o leste da África, mais precisamente a antiga Abissínia, atual Etiópia. (Lopes, 2009).

A facilidade de reprodução, adaptação e desenvolvimento das mamoneiras, nas mais distintas condições climáticas foi o responsável pela sua proliferação ao redor do mundo, como no norte dos Estados Unidos, América e Escócia. No continente Sul-americano sua introdução foi feita, aparentemente, após a chegada dos europeus, provavelmente com a importação dos escravos da África ou pelos portugueses, com a finalidade de utilizar seu óleo para iluminação e lubrificação dos eixos das carroças (Biodieselbr, 2013).

A Mamoneira é uma planta oleaginosa, perene com grande variabilidade genética, de hábito arbustivo e pertencente à família Euphorbiaceae (Souza, 2017). No Brasil, é popularmente conhecida através de diversas denominações, tais como: rícino, carrapateira, enxerida ou palma-de-cristo. Pode-se, portanto, encontrar tipos botânicos com porte baixo ou arbóreo, ciclo anual ou semiperene, com frutos com ou sem espinhos, deiscentes ou indeiscentes, com sementes (Figura 1) de diversos tamanhos e colorações (espécie polimórfica) e diferentes teores de óleo. Sua altura pode variar de um a oito metros, além disso, possui raízes pivotantes que podem atingir até 3 metros de profundidade, e raízes laterais que podem atingir até um metro de profundidade. Em condições de pouca disponibilidade de água, a raiz principal apresenta uma maior penetração se comparado a um solo úmido (Souza, 2017).

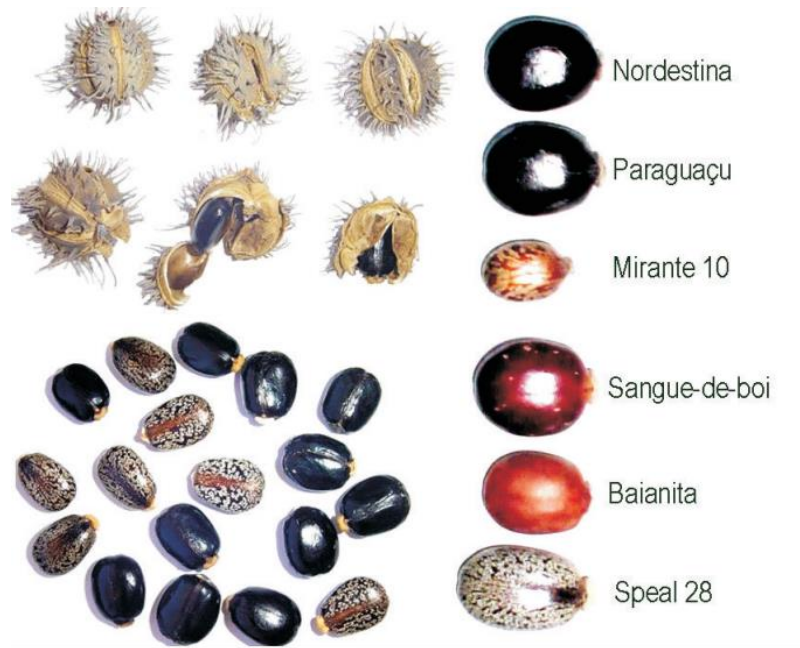


Figura 1-Frutos e sementes de diferentes variedades da mamoneira

Fonte: Marcos Antônio Drumond (2008).

As folhas são grandes (Figura 2-A) podendo variar quanto à largura do limbo, também podem variar de acordo com comprimento do pecíolo e profundidade dos lóbulos. O caule é geniculado, espesso e ramificado, podendo apresentar variações quanto à cor (verde, vermelho ou arroxeado) e a presença de cera. (Souza, 2017). Sua polinização, entretanto, é uma incógnita, determinados artigos indicam que essa planta apresenta autopolinização ou polinização cruzada pelo vento, outros afirmam que algumas subespécies necessitam de abelhas e/ou outros insetos sem chegarem a um consenso. Em relação ao aspecto reprodutivo, a mamoneira é uma planta monoica, possuindo como inflorescência-padrão (Figura 2-B) o tipo panicular, com presença de flores femininas na parte superior e flores masculinas na parte inferior.



Figura 2-Folhas e inflorescência da Mamoneira

Fonte: Embrapa & Ramon Lamar (2020).

A distribuição das flores pode ocorrer de forma irregular ao longo do racemo (entre 30% e 50% de flores femininas e entre 50% e 70% de flores masculinas), devido a fatores genéticos e ambientais (Souza, 2017).

Conforme dados de 2018 da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamona com uma produção de 91,4 mil toneladas ano, ficando atrás somente da Índia (com 1,2 milhões de ton/ano)

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento Conab (2021), houve um aumento de 100% na produtividade da mamona na safra 2022/2023. Observando-se os números, percebe-se que existe uma possibilidade de haver um salto de produção de 42,8 mil para 91,4 mil toneladas.

A Bahia é o estado que mais produz mamona com aproximadamente 91% da produção nacional e uma área dedicada à lavoura de 50,8 mil hectares produzindo 13,5 milhões de toneladas de grãos ao ano. A grande produção de mamona se deve ao clima favorável, incentivos governamentais e também a longa tradição na produção de mamona. Entre os países que mais consomem os produtos feitos a partir da mamona estão China, Estados Unidos, Alemanha, França e Japão. Possuindo um alto valor econômico com mercado global de óleo de mamona crescente a uma taxa anual de cerca de 4,3%, com expectativa de um mercado global avaliado em US\$ 1.470 milhões para 2025 (Seagri, 2019).

A cultura da mamona foi amplamente estimulada em território nacional, principalmente, pelo aumento do preço do petróleo e o lançamento de programas públicos de combustíveis menos poluentes, como o biodiesel (Costa, 2004).

A comercialização da produção de mamona possui como aplicação principal o óleo industrial (para cosméticos, vestuário, lubrificantes, plásticos, fibras sintéticas, tintas, corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, colas, vernizes, nylon, tintas de impressão, próteses, implantes, fungicidas e inseticidas) e o subproduto (a torta e o farelo de mamona) (Costa, 2004).

Define-se como torta de mamona o resíduo da extração do óleo das sementes da mamoneira (*Ricinus communis*). Trata-se de produto com alto teor de proteínas, produzido na proporção aproximada de 1,2 tonelada de torta de mamona para cada tonelada de óleo extraída (Azevedo et al., 2001), o que corresponde a 55% do peso das sementes, podendo variar de acordo com o teor de óleo da semente e do processo industrial de extração do óleo.

Estudos indicam que a destoxificação e desalergenização da torta pode ser feita por processos de extrusão com a adição de substâncias, como ácidos, bases, sais e enzimas, bem como técnicas de cisalhamento e aquecimento da torta, a temperaturas que variam de 80 °C a 140 °C, a seco, úmido ou vapor, em diferentes tempos de exposição ao calor. (Beltrão et al., 2009).

O farelo de mamona é um co-produto da extração pelo processo químico com solvente, o que faz com que ele tenha baixos teores de extrato etéreo (por volta de 1%) (Oliveira, 2017). De acordo com o Sistema de Análise de Balanço de Nutrientes para Ruminantes (CQBAL) (2024), o farelo de mamona destoxificado possui: 89,1 % de matéria seca, 85,8% de matéria orgânica, 67,8% de proteína bruta, 1,4% de extrato etéreo, 10,3% de cinzas, 48,2% de FDN, 37,0 % de FDA, 15%

2.2 COMPONENTES ANTINUTRICIONAIS DA MAMONA

Em função das características da mamoneira que possui elementos tóxicos é necessário realizar um tratamento prévio para anular estas características de modo a viabilizar o seu uso na alimentação de animais. Neste sentido, será detalhado os componentes tóxicos presentes na mamona e como ocorre sua neutralização.

2.2.1 Ricina

A ricina tem atraído a atenção de governos e comunidades científicas por ser apontada como tendo uma das mais potentes toxinas de origem vegetal já registradas e pelo seu grande potencial para uso no bioterrorismo (Oliveira, 2020). Entretanto, apesar de deter uma significativa importância na medicina e indústrias, a ricina ainda não possui antídoto farmacológico de sua ação que seja aprovado por agências governamentais (Oliveira, 2020).

A ricina é uma proteína encontrada exclusivamente no endosperma das sementes da mamona, não sendo encontradas em grandes quantidades em nenhuma outra área da planta. A ricina tem como função biológica, atuar como uma proteína de armazenamento, tendo uma vantagem adicional da sua potente toxicidade para impedir a predação (Beltrão et al., 2009).

A ricina constitui-se no principal composto tóxico presente na mamona e exerce seu mecanismo de toxidez através da inibição da síntese ribossomal, o que estagna a síntese proteica intracelular, sendo este o responsável pela morte celular (Menezes et al., 2015). A ricina faz parte do grupo de proteínas inativadoras de ribossomos (RIPs) do tipo 2, sendo composta por duas cadeias, a cadeia A e B (Figura 3), que são unidas por uma ligação dissulfeto.

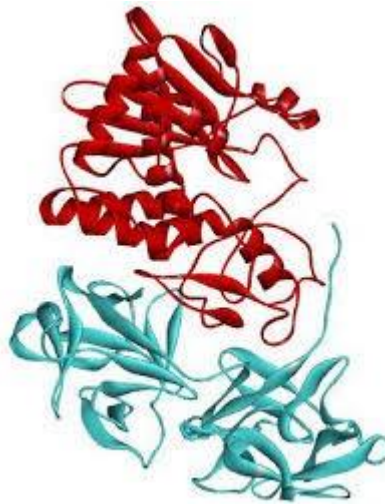


Figura 3- Visão tridimensional da molécula de ricina e suas respectivas cadeias, A (vermelho) e B (Ciano), responsáveis respectivamente pela ação tóxica e por sua entrada na célula.

Fonte: Imagem gerada no software Discovery Studio.

A cadeia A é uma toxina com capacidade de inibir a síntese de proteínas, já a cadeia B é uma subunidade que possui a função de facilitar a entrada do complexo enzimático no interior

da célula, de forma a unir-se a glicoproteínas e glicolípido contendo galactosídeos (Farias, 2020). Ainda de acordo com Farias (2020), A ricina entra na célula por meio da sua cadeia B que reconhece tipos complexos de receptores de carboidratos presentes na superfície das células eucarióticas. Esses receptores podem conter uma porção N-acetilgalactosamina terminal ou resíduos de galactose β -1,4 ligados entre si. Os resíduos de galactosil são abundantes na superfície da maioria dos tipos de células, eucarióticas, sendo sensíveis à ricina.

Esta toxina também pode se ligar a receptores de glicanos do tipo manose em células que os apresentam, principalmente os macrófagos. Após o contato com os ribossomos a cadeia A da ricina promove a remoção de uma adenina específica (despurinação) da porção 28S do ácido ribonucleico ribossomal que está na subunidade 60S, impedindo a ligação do fator de alongamento 2 e por consequência impedindo a síntese proteica e consequentemente levando ao processo de apoptose das células. (Farias, 2020).

Como a ligação do glicano da cadeia B é necessária para a internalização celular e a atividade enzimática da cadeia A é necessária para a inativação do ribossomo, a ricina é altamente tóxica quando: (1) as cadeias A e B estiverem presentes, (2) a cadeia B retém sua capacidade de ligação ao glicano e (3) a cadeia A é cataliticamente ativa (Kalb; Barr, 2014). Uma molécula de ricina destrói cerca de 2000 ribossomos por minuto depois de sua absorção pela célula. Não há antídoto ou tratamento para a intoxicação por esta toxina (Brito et al., 2011).

2.2.2 Ricinina

A ricinina é uma substância cristalina nitrogenada podendo ser encontrada em todas as partes da planta. A ricinina é o principal princípio ativo da folha da mamona, considerada como uma forma de defesa da planta. A intoxicação por ricinina (ingerindo-se as folhas de mamona) é aguda, causando perturbação nervosa, apresentando sinais com predominância neuromuscular.

2.2.3 Aglutinina

A aglutinina (*Ricinus communis agglutinin* – RCA120) é uma lectina que pode ser encontrada no endosperma da semente, com massa molecular de 120 kilodaltons (kDa), ela apresenta baixa toxidez e é capaz de aglutinar eritrócitos espontaneamente e possui uma configuração tetramérica (β - α - α - β) formada por dois heterodímeros, os quais são unidos por forças não covalentes (Souza, 2017). Cada heterodímero da aglutinina é formado por uma cadeia A (32 kDa) ligada por uma única ligação dissulfeto a cadeia B (37 kDa), se assemelhando, portanto, à estrutura da ricina.

Assim como a ricina, a aglutinina também pode ser purificada através das sementes (Souza, 2017). Esse fato reflete em 12 estruturas e propriedades bioquímicas similares, mas não idênticas. A aglutinina (Figura 4) possui alta capacidade de aglutinação, mas baixa citotoxicidade (não tem a capacidade de inativar a síntese de proteínas), ao contrário da ricina. De acordo com Baezinger e Fiete, (1979) as cadeias B da aglutinina também são glicosiladas tendo, contudo, a capacidade de se ligarem somente a resíduos de galactose (Baezinger E Fiete, 1979).

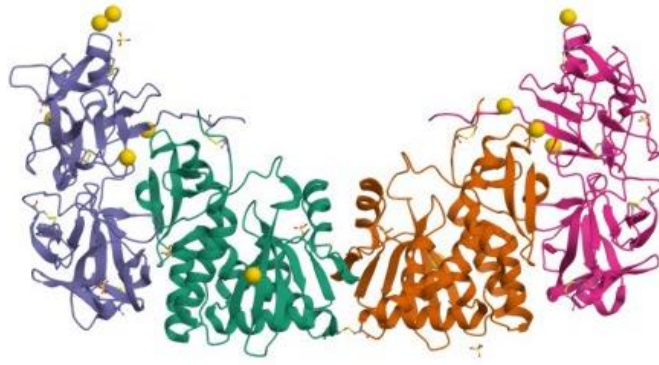


Figura 4- Modelo cristalográfico da aglutinina

Fonte: Protein Data Bank.

2.2.4 Complexo alergênicos CB-1A

O complexo alergênico CB-1A (“Castor Bean Allergen”) é formado por um complexo de proteínas e polissacarídeos, não tóxico, termicamente estável, porém com ação altamente alergênica e está presente nas sementes (em torno de 3% a 6%), no pólen e em partes vegetativas da planta. Sabe-se que o complexo CB-1A representa cerca de 12,5% do peso da torta. (Fernandes et al, 2021).

As albuminas 2S possuem altos teores de glutamina, arginina e serina, apresentam uma distribuição característica de oito cisteínas em um padrão conservado e geralmente são compostas de 2 cadeias polipeptídicas diferentes de 3-5 e de 8-10 kDa ligadas por duas pontes dissulfeto. Elas ainda apresentam duas ligações intra cadeias, o que as tornam proteínas muito estáveis e compactas (Fernandes et al., 2021).

As albuminas 2S constituem o principal grupo de proteínas de reserva presente nas dicotiledôneas. Além de estar presente nas sementes de mamona, constituem também os principais alérgenos de nozes e sementes como castanha do maranhão, avelã, algodão e mostarda (Machado, 2013).

2.3 FARELO DE MAMONA

O farelo de mamona é o principal subproduto da extração do óleo da semente da mamona (*Ricinus communis*) e um dos subprodutos do biodiesel com maior teor de proteína, com 44,3% de proteína bruta, podendo substituir o farelo de soja (Pompeu et al., 2020).

Em todo o mundo, seu uso predominantemente se popularizou como adubo orgânico e nematicida. Do farelo de mamona destoxificado produzido, atualmente no Brasil, grande parte destina-se à adubação orgânica, principalmente, para jardinagem, pois além de ser fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, age como controlador de nematoides do solo (Pompeu et al., 2013). São diversos os métodos de destoxificação utilizados no farelo e torta de mamona, e eles podem ser físicos (aquecimento ou pressão), químicos (quando se tem o uso de álcalis, soda cáustica, ácidos, fosfatos mono ou bicálcico, ureia, amônia, sais, taninos, etc), biotecnológicos (microrganismos e genética) e também a utilização da combinação destas metodologias (Pompeu, 2013).

Uma alternativa para viabilizar o uso do farelo de mamona na alimentação animal é a destoxificação, processo pelo qual são eliminados os principais fatores antinutricionais, tornando-o potencialmente útil para alimentação de ruminantes. Porém, a viabilidade da utilização deste processo ainda é questionada, principalmente sob o ponto de vista econômico (Silva et al., 2010).

Os métodos para destoxificar o farelo de mamona vem sendo estudados para determinar o melhor processamento, um deles é por meio de autoclavagem a 15 psi (libras por polegada quadrada absoluta) por 60 minutos ou o tratamento (destoxificação) do farelo e torta mamona com a utilização da solução de hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ na proporção de 1kg para 9 litros de água, na quantidade de 40 gramas de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por kg de farelo ou torta, base na matéria natural (Anandan et al., 2005). Após a mistura do farelo ou torta com a solução de hidróxido de cálcio, o material permanece por um período de oito horas (uma noite), sendo logo após desidratado em secador por cinco horas à 60°C (Goularte et al., 2010).

De acordo com Santos (2020), o farelo de mamona sem e com destoxificação apresentam diferenças significativas na composição química-bromatológica. Experimento realizado por Oliveira & Carvalho et al (2011) demonstraram que tratamentos com autoclave a 1,23 kg/cm² (15 psi) durante 90 minutos e com hidróxido de cálcio ou óxido de cálcio, diluídos em água (1:10), na dose de 60 g/kg de farelo, mostram-se eficazes em desnaturar a ricina. Desta forma, constituem em procedimentos que poderão permitir a utilização do farelo de mamona na

alimentação animal, sendo dependente de estudos sobre viabilidade operacional e econômica em escala industrial.

2.4 METABOLISMO DA PROTEÍNA NO RÚMEN

As proteínas são moléculas formadas por um conjunto de aminoácidos e apresentam papel fundamental nas funções biológicas do metabolismo animal, em que fazem parte do conteúdo celular, funções estruturais e enzimáticas, armazenamento de informações genéticas, receptores de informações dentre outras diversas funções (Tessari et al., 2022).

O papel das proteínas no organismo é essencial devido a sua importância na manutenção da homeostase animal. Está presente nas substâncias protoplasmáticas, membrana celular, núcleos, cílios e nas organelas das bactérias. Organismos altamente organizados possuem em sua formação, manutenção e crescimento funções ligadas às proteínas (Andrighetto et al., 2006).

As proteínas participam ainda da formação dos músculos onde estão presentes, no núcleo, citoplasma e na membrana celular de órgãos internos, no sistema neuronal e ossos, comprovando assim a importância das proteínas para a manutenção e desempenho animal (Tessari et al., 2022). O fornecimento de aminoácidos a partir da proteína microbiana é fundamental para o metabolismo proteico dos ruminantes, uma vez que a maior parte dos aminoácidos absorvidos no intestino delgado é proveniente da proteína microbiana (Aguiar et al., 2015).

O metabolismo de proteínas em ruminantes, se difere dos animais que não possuem câmaras fermentativas, onde a pré-digestão pelos microrganismos ruminais podem ocorrer de diferentes maneiras, de acordo a fonte de proteína, modificando a composição da dieta (Socreppe, 2020). O metabolismo proteico dos ruminantes é altamente complexo e dependente das fontes de proteína e dos carboidratos da dieta.

A proteína ingerida por um ruminante pode ser separada em duas frações: proteína não degradada no rúmen (PNDR) ou proteína degradada no rúmen (PDR). A PDR é degradada no rúmen até se transformar em amônia. A degradação da proteína ocorre através da ação de enzimas (proteases, peptidases e deaminases) secretadas pelos microrganismos ruminais. Estes microrganismos degradam a fração PDR da PB e utilizam peptídeos aminoácidos e amônia para síntese de proteína microbiana e multiplicação celular. Essa amônia é incorporada aos

microrganismos ruminais juntamente com os alfa-cetoácidos oriundos da degradação ruminal dos carboidratos da dieta, formando a proteína microbiana (PM). A PM e a PNDR juntas formam a proteína metabolizável, que chega ao intestino delgado (ID) do ruminante, e que será absorvida e realmente utilizada em benefício do animal (Berchielli et al., 2011).

Peptídeos e aminoácidos provenientes da degradação ruminal da proteína não incorporados nas células microbianas podem passar para o duodeno e serem absorvidos pelos ruminantes (Berchielli et al., 2011). A proteína microbiana é a principal fonte de proteína metabolizável podendo representar cerca de 45 a 55% de proteína metabolizável no intestino de vacas de alta produção. A PNDR é a segunda fonte seguida da proteína endógena.

Os microrganismos ruminais são dependentes de esqueletos de carbono, disponibilidade de energia e do fornecimento de amônia e peptídeos para que haja síntese microbiana.

Através da relação volumoso:concentrado é possível alterar os processos fermentativos e aumentar a eficiência de síntese microbiana, juntamente com a eficiência de utilização dos nutrientes dietéticos (Russell et al., 1992). O crescimento microbiano depende da transferência de energia da fermentação de carboidratos para o processo de síntese de proteína microbiana. O processo catabólico (fermentação de carboidratos) é completamente vinculado ao processo anabólico (síntese microbiana) via adenosina tri fosfato (ATP).

Se a taxa de produção de ATP excede a taxa de utilização, ocorre desacoplamento energético, e a energia da ATP é dissipada como calor através da membrana celular. Isto ocorre quando a disponibilidade de N é extremamente alta (ou a energia está em excesso, quando do uso de altos níveis de concentrado), ou se minerais como enxofre (S) e fósforo (P) estão deficientes (Nocek; Russell, 1988). Geralmente, quando carboidratos são limitantes, os aminoácidos dietéticos são usados como fonte de energia, ocorrendo acúmulo de amônia (Russell et al., 1992). Portanto, a adição de carboidratos, além de promover síntese de proteína microbiana, exerce um efeito poupador de aminoácidos reduzindo a necessidade do corpo de utilizar aminoácidos como fonte de energia (Nocek; Russell, 1988).

2.5 AMBIENTE RUMINAL

O rúmen é considerado uma câmara fermentativa e a sobrevivência dos microrganismos é possível graças ao seu pH entre 5,5 e 7,0, sendo que os protozoários e bactérias celulolíticas

necessitam de um pH de 6,2 ou mais alto, enquanto as bactérias amilolíticas são ativas em condições mais ácidas com o pH em torno de 5,8. Estes microrganismos constituem de 60 a 90% da biomassa microbiana com cerca de 200 espécies distintas (Kozloski & Berchielli et al., 2011). Já a temperatura do ambiente ruminal sofre variações, mas se mantém em torno de 39 °C (Berchielli et al., 2011).

Seu estômago multicavitário deriva embrionariamente do estômago simples, e é dividido em quatro partes: rúmen, retículo, omaso e abomaso os quais são musculares e capazes de movimentarem-se possuindo ação direta sobre a ingesta (Costa et al., 2019).

As adaptações evolutivas do sistema digestório dos ruminantes, resultaram em melhor aproveitamento a fibra dietética e concedeu a esses animais menor necessidade de consumirem fontes externas de vitaminas do complexo e aminoácidos essenciais (VAN SOEST, 1994). A fisiologia do rúmen necessita do fornecimento constante de materiais fibrosos, pois são responsáveis pela manutenção do pH e influenciam na dinâmica de crescimento da população bacteriana dentro do rúmen (Moura, 2013).

Os desequilíbrios no pH ruminal produzidos pelo fornecimento inadequado de fibra na dieta podem levar a apresentação de acidose ruminal, clínica ou subclínica (Kleen et al., 2003). Junto com a queda do pH as relações entre os diversos tipos de bactérias também mudam (Martin, 1998). Em condições de pH ruminal em desequilíbrio, a produção de proteína bacteriana e de AGCC pode se alterar levando a queda no consumo alimentar, causando menor síntese de leite e mudanças na sua composição (Bachanm, 1992). Há também a apresentação de desequilíbrios metabólicos (cetose, deslocamento de abomaso) que afetam a saúde e a rentabilidade da produção animal (Oetzel, 2001).

A ampliação dos conhecimentos relacionados à população microbiana foi possível graças a estudos relacionados a microbiologia ruminal e através de dados e características obtidas foi permitida melhorias em relação à alimentação de ruminantes, o que garantiu melhor eficiência e aproveitamento dos nutrientes da dieta, responsável por gerar ganhos no desempenho dos animais (Morgavi et al., 2013).

A população de microrganismos no rúmen é bastante diversa devido às inúmeras espécies existentes. Para que uma espécie seja considerada parte da microbiota ruminal, ela deve ser anaeróbica e produzir subprodutos no rúmen, como os AGCCs, Estes ácidos são fontes de energia e podem atender entre 60% e 80% das necessidades energéticas dos ruminantes (Reis et al., 2011).

A ausência de oxigênio no ambiente ruminal é necessária devido ao fato da digestão ocorrer em ambiente redutivo anaeróbico. Entretanto, mesmo assim há presença de oxigênio

pois ele adentra o rúmen ligado aos alimentos ingeridos com a água ou por difusão no sangue, porém é rapidamente utilizado pelas bactérias anaeróbicas ou eliminado via eructação (Maia et al., 2013).

Deste modo a presença de oxigênio no rúmen é sempre baixa e isso é de grande importância para os microrganismos presentes neste ambiente, uma vez que são estritamente anaeróbicos (Reis et al., 2011). Segundo Church (1974), as principais classes de microrganismos encontrados neste órgão são bactérias, protozoários e fungos e estes microrganismos não estão distribuídos de forma homogênea, mas sim em uma fase líquida, sólida e nas paredes do rúmen.

A presença destes microrganismos no rúmen promove a produção de gases, aproximadamente 600 a 1100 litros por dia em grandes animais que são liberados via eructação. Estes gases produzidos alojam-se na porção superior e são constituídos de Hidrogênio (0,2%), Oxigênio (0,5%), Nitrogênio (7,0%), Metano (26,8%), e Dióxido de Carbono (65,5%) (Barbosa, 2010).

Existem diversos fatores que podem afetar a composição da fauna ruminal. Puser e Moir (1966) estudaram a composição do líquido ruminal e encontraram uma associação negativa relacionada a ingestão de água, concluíram que a diminuição no consumo de água não é compatível com a manutenção da comunidade de protozoários no ambiente ruminal, ou seja, quanto menor a ingestão de água, maior será a diminuição de protozoários presentes no rúmen.

Franzolin e Dehority (1996) afirmam que a menor ingestão alimentar está relacionado a maior concentração de protozoários devido à baixa taxa de passagem do líquido ruminal, enquanto Van Soest (1994) e Church (1974) afirmam que a alimentação com dietas ricas em concentrado, especialmente em altas ingestões, reduz a retenção de fibra no rúmen e provoca a eliminação de protozoários por “lavagem” o que pode ser definido por defaunação que ocorreu, provavelmente, devido ao aumento da taxa de passagem da digesta pelo rúmen.

2.5.1 pH

O pH do fluido ruminal oscila ciclicamente em função das atividades metabólicas do rúmen ao longo do dia resultante das concentrações de AGCC, da saliva e da velocidade de absorção dos produtos finais, sua oscilação afeta diretamente a degradação dos alimentos e o seu valor ideal varia de 5,5 a 7,0.

A sua manutenção se dá pela produção de saliva em grandes quantidades (60 a 180L/dia em bovinos) as glândulas parótidas são as responsáveis pela produção diária de 50% da saliva (Berchielli et al., 2011 & Owens 1998). A saliva é considerada isotônica pois possui elevada concentração de bicabornato, potássio, fosfato e sais básicos que ajudam a neutralizar os ácidos produzidos pela fermentação ruminal (Silva et al., 2020).

O pH do rúmen tem papel decisivo na manutenção da microbiota ruminal e muitos fatores como a mastigação, ruminação, movimentos da parede do rúmen, fermentação dos nutrientes e crescimento microbiano (Franzolin et al., 1996). O pH ruminal recebe atenção considerável também por ser um mecanismo que pode explicar as reduções na ingestão e digestibilidade de volumosos, sendo um resultado da suplementação energética (Moura, 2013).

O baixo pH por longos períodos de tempo pode reduzir a digestão de fibras e disponibilidade de energia (St-Pierre, 2001). Hoover e Stokes (1991) relatam que a redução no pH diminui a digestão das proteínas, celulose, hemicelulose, e pectina, porém com menos efeito na digestão do amido. De acordo com Russell et al., (1998) a diferença de pH entre o ambiente externo e o interior das células pode exercer um efeito considerável no crescimento e na sobrevivência dos microrganismos.

O pH do meio externo afeta diretamente o pH intracelular e quando essa diferença é significativa, pode haver um desequilíbrio nos processos celulares essenciais, prejudicando o funcionamento adequado das células e o crescimento microbiano.

De acordo com Dehority (2004) o pH ruminal, na maior parte do tempo atingirá o nível mais baixo de duas a seis horas após a alimentação, dependendo da natureza da dieta e da rapidez com que é ingerida em virtude da maior produção de ácidos decorrente da fermentação do alimento, o que tem como consequência uma diminuição da população de protozoários.

Quando é fornecida dietas com alta concentração de celulose e carboidratos solúveis, o pH não tem uma diminuição acentuada, isso se deve ao desenvolvimento de bactérias celulolíticas, uma vez que a sua atividade é comprometida em pH 6,0 a 6,1 e inibida abaixo de 5,9 (Dombowski et al., 1980).

2.5.2 Nitrogênio amoniacal

A amônia no rúmen é originada principalmente da degradação de compostos nitrogenados, como a ureia, da metabolização de aminoácidos pelas bactérias ruminais, da

degradação da proteína verdadeira dietética e da reciclagem via saliva ou difusão pela parede ruminal. A ureia, que pode ser suplementada na dieta dos ruminantes como uma fonte de nitrogênio não proteico, é rapidamente hidrolisada por enzimas chamadas ureases, resultando na produção de amônia (NH_3) e dióxido de carbono (CO_2) no rúmen.

Quando alcança o rúmen, a ureia é rapidamente desdobrada em amônia e dióxido de carbono pela ação da urease microbiana durante a deaminação, onde grupos amino são removidos, parte da proteína verdadeira da dieta é hidrolisada por ação dos microrganismos, fornecendo peptídeos, aminoácidos e, amônia. Simultaneamente a este processo de degradação dos compostos nitrogenados, ocorre a síntese de proteína microbiana a partir dessa amônia liberada (Pereira, 2008).

A presença de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal é um fator predominante no desenvolvimento da microbiota do rúmen (Van Soest, 1994). Sua remoção pode ser realizada na incorporação em proteína microbiana, pela passagem ao trato posterior ou absorção ruminal (Goularte et al., 2010).

A ureia é sintetizada no fígado em quantidades proporcionais à concentração de amônia produzida no rúmen e sua concentração está diretamente relacionada com os níveis proteicos da ração e da relação energia/proteína da dieta. O fígado precisa metabolizar a amônia em ureia, um processo que custa ao animal 12 kcal/g de nitrogênio (Van Soest, 1994).

Parte da ureia sintetizada no fígado vai para os rins e é excretada via urina ou pelo leite, e parte pode retornar para o rúmen via saliva ou pela corrente sanguínea, através da difusão pela parede ruminal. Cerca de 47% do nitrogênio proveniente da ureogênese hepática, ou 34% do nitrogênio digestível, retorna ao intestino via veia porta. O retorno do nitrogênio via saliva pode variar de 17 a 69% da entrada de ureia no rúmen (Lapierre et al., 2005).

A eficiência do uso do nitrogênio é geralmente maior em dietas de baixa proteína, onde o gasto energético para a excreção de nitrogênio é reduzido. Em contrapartida, dietas de alta proteína podem comprometer essa eficiência, resultando em maior gasto energético sem um correspondente aumento na produção (Silva et al., 2010). Quando os ruminantes consomem dietas ricas em proteína degradável no rúmen (PDR), pode resultar em uma produção excessiva de amônia prontamente disponível no líquido ruminal (Medeiros et al., 2016).

Para excretar a amônia na forma de ureia, o organismo precisa gastar uma quantidade significativa de energia. Esse custo energético é conhecido como "custo ureia" e pode impactar a eficiência produtiva dos animais, pois a energia que poderia ser utilizada para crescimento ou produção de leite é desviada para a excreção de nitrogênio (Medeiros et al., 2016).

A rápida degradação de grandes quantidades de nitrogênio não proteico (NNP), como a ureia, pode elevar o pH do rúmen. Um pH elevado aumenta a absorção de amônia para a corrente sanguínea, o que pode levar a hiperamonemia. Esse distúrbio altera as propriedades fisiológicas da barreira hematoencefálica, causando um desequilíbrio nos aminoácidos no cérebro. Isso pode resultar em alterações no comportamento e na função neurológica do animal, pode causar também, toxicidade, resultando em sintomas como prostração, tetania, convulsões e, em casos graves, morte rápida do animal (Junior et al., 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

O experimento foi realizado na Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop – MT. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Agrossilvipastoril. Foram utilizadas cinco vacas em lactação, mestiças das raças Holandês Preto e Branco e Gir-leiteiro (grupo genético $\frac{3}{4}$ Holandês Preto e Branco) com aproximadamente 150 dias de lactação, primíparas, não gestantes, com peso corporal médio de 530 kg e produção média de 13 kg/dia disponibilizadas pela Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop - MT.

As vacas foram distribuídas em quadrado latino 5 x 5 e avaliados cinco níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona: 0; 25, 50, 75 e 100% (base da MS) no concentrado. O experimento teve duração de 100 dias e foi dividido em cinco períodos de 20 dias; os 15 primeiros destinados à adaptação dos animais às dietas e os demais, à coleta de dados.

As dietas foram formuladas de forma a serem isonitrogenadas. Os alimentos concentrados utilizados no balanceamento das dietas foram milho, farelo de soja, farelo de mamona, fosfato bicálcico, calcário, sal comum e premix mineral (Tabela 1). O farelo de mamona utilizado no experimento foi fornecido pela indústria Azevedo Óleos Vegetais Ltda, localizada em Itupeva – SP. O volumoso utilizado foi a silagem de milho. O concentrado foi misturado ao volumoso na proporção de 40:60 (Concentrado: Volumoso). A composição química dos ingredientes e das dietas experimentais encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Composição química dos ingredientes das dietas.

Nutrientes ¹ (%)	Silagem de milho	Farelo de mamona	Milho	Farelo de soja
Matéria seca	30,89	88,02	89,56	90,29
Proteína bruta	8,74	41,86	9,02	51,68
Extrato etéreo	2,83	1,92	4,23	0,97
Fibra insolúvel em detergente neutro	52,29	31,79	13,6	16,73

¹ na base da matéria seca.

Tabela 2. Composição (%) das rações concentradas (%MS) em função da inclusão dos ingredientes da dieta utilizada.

Alimentos	Níveis de inclusão do farelo de mamona ¹				
	0%	25%	50%	75%	100%
Silagem de milho	60	60	60	60	60
Farelo de mamona	0	3,32	6,68	10,02	13,39
Milho	28,88	28,32	27,75	27,18	26,61
Farelo de soja	11,12	8,36	5,58	2,80	0
Composição química (%) ¹					
Matéria seca	54,44	54,37	54,30	54,22	54,15
Proteína bruta	13,60	13,51	13,43	13,34	13,25
Extrato etéreo	3,03	3,04	3,05	3,07	3,08
Fibra em detergente neutro	37,16	37,68	38,21	38,72	39,25

¹ na base da MS.

As vacas foram mantidas em piquetes individuais, providos de comedouro e bebedouro. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia (8 e 16 h). O concentrado e volumoso foram disponibilizados separados para os animais. Em cada trato, o concentrado foi fornecido no cocho e a silagem de milho logo após o consumo do concentrado pelas vacas. O controle do consumo de alimentos foi feito diariamente de forma a permitir sobra no cocho em torno de 10%. As amostragens e pesagens dos alimentos oferecidos e das sobras foram realizadas diariamente nos cinco últimos dias consecutivos de cada período experimental.

As amostras diárias dos alimentos oferecidos e sobras de cada animal, em cada período, foram acondicionadas em freezer a -15° C para posterior desidratação e análises químicas. Ao final de cada período experimental, as amostras de sobras de alimentos oferecidos foram descongeladas, pré-secas em estufa de ventilação a 65°C, durante 72 a 96 horas.

Após secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneiras dotadas de malha de 1 mm de diâmetro. Sendo estas armazenadas em recipiente de vidro com tampa para posteriores análises. Nas amostras de alimentos sobras foram procedidas análises químico-bromatológicas (Tabela 1) de acordo com o AOAC (2000) para determinação dos teores de matéria seca a 105°C (930.15) nitrogênio total (984.13), extrato etéreo (EE) (920.39) e cinzas (942.05); Mertens (2002) para determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e Van Soest et al., (1991) para determinação da fibra em detergente ácido (FDA). (973.18)

3.2 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS RUMINAIS

A coleta de líquido ruminal foi realizada, nas vacas, no último dia (20º) de cada período experimental (Figura 5). A coleta foi realizada pela manhã, quatro horas após o fornecimento das dietas, com auxílio de uma sonda esofágica de silicone (Zeoula et al., 2003). As amostras de líquido ruminal foram filtradas para determinação imediata do pH em potenciômetro digital. A partir deste filtrado, foi retirada uma alíquota de 50 mL, a qual foi adicionada de 1 mL de ácido sulfúrico a 50% e, em seguida, foi congelada para posterior determinação da amônia ao fim do experimento.



Figura 5-Coleta do liquido ruminal

Fonte: Morenz, 2023.

A metodologia utilizada para a quantificação do nitrogênio amoniacal foi o método baseado na reação colorimétrica da amônia com fenol formando indofenol, de Bolleter et al., (1961) adaptado por Chaney & Marbach (1962).

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, por meio do Sisvar: um sistema computacional de análise estatística, (SISVAR). Efeitos foram considerados significativos quando $\alpha = 0,05$ que indica um risco de 5% de concluir que existe uma diferença entre os resultados do estudo e a hipótese nula, quando na não há diferença. (Ferreira,2011).

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y = \mu_{ijk} + P_i + A_j + T_k + e_{ijk}$$

Em que:

μ_{ijk} = efeito médio geral ijk

Pi = efeito do período i

Aj = efeito do animal j

Tk = efeito do tratamento K

ijk = erro aleatório ijk

i = Período (1, 2, ... 5)

j = animal (1, 2, ... 5)

K = tratamento (0%, 25%, 50%, 75% e 100% de inclusão do farelo de mamona em substituição ao farelo de soja no concentrado).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH ruminal não foi influenciado ($P > 0,05$) pela inclusão do farelo de mamona nas dietas experimentais. Além disso, o valor médio de 7,05 para o pH ruminal permaneceu dentro da faixa ideal (Tabela 3), sem apresentar quedas que comprometessem a saúde ruminal, nem elevações excessivas que indicassem perda de eficiência na fermentação

Tabela 3. Potencial hidrogeniônico e níveis de nitrogênio amoniacal (mg/dL) do líquido ruminal a diferentes níveis de inclusão de farelo de mamona.

Item	Níveis de substituição (%)					Média	CV (%)
	0	25	50	75	100		
pH	7,18	7,02	6,94	6,96	7,16	7,05	2,13
N-NH ₃	2,66	3,12	3,68	3,92	3,48	3,37	33,14

De acordo com Coelho Silva e Leão (1979) e Orskov (1988), o pH ruminal deve estar entre 5,50 e 7,0. A relação volumoso: concentrado de 60:40 utilizada no presente trabalho pode ter contribuído para os valores de pH observados, uma vez que a fibra estimula a mastigação e consequentemente a produção de saliva. A maior ou menor produção de saliva é diretamente influenciada pelo tipo de alimento oferecido aos animais, pois a secreção de saliva é estimulada pela mastigação e ruminação.

Dietas com maior proporção de volumoso estimulam a mastigação e ruminação, fazendo com que uma maior produção de saliva chegue ao ambiente ruminal (Araújo, 2012). Por outro lado, o uso de maior proporção de concentrado, embora forneça alta densidade energética, pode

reduzir a mastigação e, conseqüentemente, a produção de saliva, aumentando o risco de acidificação do ambiente ruminal. Assim, a relação volumoso:concentrado de 60:40 pode ter contribuído para equilibrar esses efeitos, reduzindo a expressão negativa do concentrado sobre o pH ruminal e favorecendo a saúde digestiva do animal.

De acordo com Berchielli et al. (2011) & Martin et al. (2006) em situações de pH abaixo de 6,2 ocorrerá a redução na digestão da fibra, porque as bactérias celulolíticas são sensíveis a pH inferior a 6,2. Um pH reduzido diminui a digestão de proteínas, celulose, hemicelulose e pectinas, tendo menor efeito na digestão do amido, enquanto pH na faixa de 6,5 a 5,5 também causa decréscimo na eficiência microbiana (Hoover & Stokes, 1991). Neste contexto, os valores de pH ruminal observados com a substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não prejudicou a ação microbiana sobre digestão da fibra.

Com rações ricas em concentrados, o pH do fluido ruminal estará normalmente entre 5,5 a 6,5, esses níveis de pH favorecem a multiplicação de bactérias que são tolerantes a pH mais baixo, enquanto em rações ricas em forragens os valores de pH esperados estarão entre 6,2 e 7,0. Sendo o valor de 6,5 aproximadamente, uma média para a atividade máxima da maior parte dos microrganismos (Moreira et al., 2009).

No geral, quando na dieta se aumenta os níveis de celulose e hemicelulose em relação aos níveis de carboidratos solúveis e amido, também se aumenta a degradabilidade da fração fibrosa juntamente com a proporção acetato:propionato (Chapaval et al., 2008). Uma menor digestão de fibra reduz a produção de ácido acético, e uma maior digestão de concentrados aumenta a produção de ácido propiônico (Junior et al., 2021).

Como o ácido acético é um dos principais precursores da gordura do leite, a sua redução está diretamente relacionada com a diminuição da gordura do leite (Silva, 2020). Já o ácido propiônico limita a produção de gordura do leite (Bauman et al., 2003). Muhlbach (2004) sugere a relação de 50:50 de volumoso:concentrado para que haja o bom funcionamento do rúmen. As dietas experimentais foram constituídas por relação de 60:40 de volumoso:concentrado, o que indica estabilização do pH e atividade ruminal.

O aumento da inclusão do farelo de mamona nas dietas promoveu incremento dos teores de FDN com variação de 37,16 a 39,25% (Tabela 2), porém não foi capaz de causar mudança significativa no pH. Embora o farelo de mamona contenha 42% a mais de FDN quando comparado ao farelo de soja (Tabela 1), o percentual de inclusão do concentrado nas dietas foi baixo, o que pode ter contribuído para a normalidade de pH encontrado nas análises.

Os resultados obtidos após análise do líquido ruminal indicam que não houve influência da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona sobre o nitrogênio amoniacal (N-NH_3)

($P>0,05$). A concentração média de $N-NH_3$ observada no presente trabalho foi de 3,37 mg/dL, mínimo recomendado para manutenção das funções normais do rúmen e a otimização do crescimento microbiano (Satter e Roffler 1975).

Silva et al, (2010) avaliaram o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona destoxificado com base na matéria seca sobre o metabolismo dos compostos nitrogenados em ovinos em terminação a diferentes níveis de substituição no concentrado, e encontraram média de 8,28; 11,15; 7,05; e 5,46 mg/dL de NH_3 no líquido ruminal para os respectivos níveis de substituição 0%, 33%, 67% e 100%.

Menezes et al. (2012), avaliando parâmetros ruminais e quantificando a população de protozoários ciliados, no rúmen de ovinos alimentados com dietas com farelo de mamona detoxificado substituindo parcialmente o farelo de soja em 0, 15, 30 e 45% no concentrado, observaram que os valores de nitrogênio amoniacal apresentaram um padrão linear crescente com 2,66; 4,46; 4,2 e 5,05 mg/dL, respectivamente. Enquanto Souza (2018) ao avaliar quatro níveis de inclusão de farelo de mamona na dieta de novilhas leiteiras à pasto, observaram média de 11,8; 11,36; 12,26 e 13,07 mg/dL para os respectivos níveis de substituição 0, 3, 6, 9%.

Van Soest (1994), Detmann et al. (2009) e Mehrez et al. (1977) afirmaram que a máxima atividade fermentativa ruminal é obtida quando a concentração de $N-NH_3$ alcança valores entre 8 a 23 mg/dL no líquido ruminal. Leng (1990) definiu que para condições tropicais, a dose mínima de concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal seria de 10 mg/dL, porém, Satter & Slyter (1974) e Preston (1986) revelaram que concentrações de amônia inferiores a 5,0 mg/dL de $N-NH_3$ no fluido ruminal limitam a atividade de bactérias celulolíticas do rúmen, diminuindo a síntese microbiana.

A concentração baixa de $N-NH_3$ observada pode estar relacionada à maior disponibilidade de energia ruminal que possibilita maior utilização da amônia para o crescimento microbiano e redução das perdas de amônia, devido à sincronização na utilização de carboidratos e proteínas. A redução nas concentrações de $N-NH_3$ no rúmen pode ser um fator positivo, desde que não comprometa a eficiência de síntese microbiana, haja vista que o excesso de $N-NH_3$ no rúmen promove redução da eficiência energética da dieta, devido ao custo energético da sua conversão em ureia no fígado (Santos, 2017).

A fibra representa a fração dos carboidratos de digestão lenta ou indigestível do alimento, ocupando um maior espaço no rúmen, impondo algumas limitações ao consumo voluntário de matéria seca (Neto, 2017). A amônia é fundamental para o crescimento dos microrganismos ruminais responsáveis pela degradação de carboidratos fibrosos e sua deficiência pode reduzir tanto a eficiência quanto a extensão dessa degradação, além de

prejudicar a proliferação celular e a atividade microbiana. O que resulta em um menor aproveitamento da fibra, redução no consumo de matéria seca e, conseqüentemente, queda no desempenho animal (Oliveira et al., 2019). Pode-se verificar que não houve queda no desempenho, uma vez que o enchimento ruminal pelo não aproveitamento da fibra implicaria queda de consumo. Portanto, a sincronização de proteína e energia estão adequadas com as necessidades do ruminante, uma vez que não foi observado decréscimo de consumo no decorrer do experimento.

5 CONCLUSÃO

Nas condições avaliadas o farelo de mamona sem destoxificação pode substituir completamente o farelo de soja no concentrado de vacas lactantes sem comprometer o pH e nitrogênio amoniacal do rúmen.

Estes resultados reforçam o potencial do farelo de mamona como ingrediente alternativo na nutrição animal, entretanto mais estudos devem ser desenvolvidos para avaliar o processamento do farelo de mamona considerando diferentes técnicas de destoxificação e suas implicações na eficiência nutricional e segurança alimentar.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. S. M.; SILVA, F. F.; DONATO, S. L. R.; SCHIO, A. R.; SOUZA, D. D.; MENESES, M. A.; LEDO, A. A. Síntese de Proteína Microbiana e Concentração de Ureia em Novilhas Leiteiras Alimentadas com Palma Forrageira Opuntia. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 36, n. 2, p. 999-1010, 2015.
- ANANDAN, A.; KUMAR, G. K. A.; GHOSH, J.; RAMACHANDRA, K. S. Effect of Different Physical and Chemical Treatments on Detoxification of Ricin in Castor Cake. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam. v. 121, n. 1-2, p. 129-142, 2005.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; DE SOUZA, G. A.; FILHO, A. B. Nutrição Animal, As Bases e Fundamentos Da Nutrição Animal, Os Alimentos. 1. ed., **Editora Nobel**, São Paulo, p 200-396, 2006.
- SILVA, J. H. V.; LIMA, M. R.; SANTOS, R. R.; MOREIRA, R. F.; FERREIRA, L. O. A.; SOUSA, E. F. Uso Do Farelo De Mamona Em Rações De Codornas Japonesas (Coturnix Coturnix Japonica). Nutritime: **Revista Eletrônica em Nutrição Animal**, v. 17, n. 1, p. 217-228, jan./mar. 2020.
- AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. O Agronegócio da Mamona no Brasil. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**; Campina Grande: Embrapa Algodão, 1. ed. p. 350, 2001.
- BACHMAN, K.C. Managing milk composition. In: VAN HORN, H.H.; WILCOX, C.J. Large dairy herd management. Champaign: **American Dairy Science Association**. 1 ed, v. 1, p. 1046, 1992.
- BAENZIGER, J.U.; FIETE, D. Structural Determinants of Ricinus Communis Agglutinin and Toxin Specificity for Oligosaccharides. **Journal of Biological Chemistry**, v. 254, n. 13, p. 6264-6269, 1979.

BARBOSA, N. G. S. Torta de Amêndoa de Dendê: Consumo, Digestibilidade, Metabolismo Ruminal e Desempenho Leiteiro em Bubalinos. 2010. Tese (Doutorado, Zootecnia) - **Universidade Federal de Minas Gerais**, 2010.

BAUMAN, D.; GRIINARI, J. M. Nutritional Regulation of Milk Fat Synthesis. **Annual Review of Nutrition**. v. 23, p. 203–27, 2003.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. Detoxicação e Aplicações da Torta de Mamona. **Embrapa**. p. 37, v. 1, 2009.

BIODIESELBR. Estudos da Mamona: Biodiesel, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mapa do Leite. Brasília, DF: MAPA, 2024.

BRITO, N. M.; CHIERICE, G. O. Estudo da Mobilidade de Ricina e Ricinina Provenientes da Torta de Mamona (*Ricinus communis*) Empregada como Fertilizante de Solo. **Meio Ambiente**, v. 6, n. 2, p. 60-63 jul-dez, 2011.

CHAPAVAL, L.; MELOTTI, L.; ROSSI, P. J.; SOUZA, C. O.; REGO, J. P. A. Relação Volumoso Concentrado Sobre As Concentrações Ruminiais De Amônia, pHE Ácidos Graxos Voláteis Em Vacas Leiteiras Mestiças. **Revista Brasileira de Saúde e Produção. Animal.**, v.9, n.1, p. 18-28, jan/mar, 2008.

COELHO, S. J. F.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de Nutrição dos Ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, p. 380, 1979.

COSTA, L. A.; SOUSA, R. J.; SANTOS, M. F.; OLIVEIRA, P. T.; MOURA, E. C. Importância do Manejo Alimentar e Nutricional na Produção de Ruminantes. **Ciência Animal**, v. 2, n. 1, p. 45-56, 2019.

COSTA, H. M.; RAMOS, V. D.; ABRANTES, T. A. S.; CASTRO, D. F.; VISCONTE L. L. Y.; NUNES, R. C. R.; FURTADO, C. R. G. Efeito do Óleo de Mamona em Composições de Borracha Natural Contendo Sílica. **Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 46–50, jan. 2004.

DEHORITY, B. A.; Rumen Microbiology. **Nottingham University Press**, 2. ed, p. 372, 2004.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; MANTOVANI, H. C.; Valadares, F. S. C.; Sampaio, C. B.; Souza, M. A.; Lazzarini, I. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science**, v. 126, p. 136–146 2009.

EMBRAPA. Anuário do leite 2024. Juiz de Fora: **EMBRAPA Gado de Leite**, 2024.

EMBRAPA. Cultivo da Mamoneira para o Semi-Árido Brasileiro. **Circular Técnica Online 85, p. 12**, 10 dez. 2008.

FARIAS, S. S.; SILVA, T. N. F.; MAIA, R. T. Isômeros da Baicalina como Pontencial Antídoto para Intoxicação por Ricina. **Revista Saúde e Ciência Online**, v. 10, p. 64-86, 2020.

FERNANDES, K. V.; MACIEL, F. M.; MACHADO, O. L. T. Análise dos Níveis de Albuminas 2S e de Ricina em Sementes de Diferentes Cultivares de Mamona (*Ricinus communis* L.) **Congresso Brasileiro de Mamona Energia e Ricinoquímica**, p. 71, 2020.

FERNANDES, L. G.; JESUS, T. S. R.; SANTOS, P. C. *Ricinus Communis* L.: Sementes, Envelhecimento E Estresse Oxidativo. **Editora Da Universidade Federal da Bahia**, 2021. 144 p. ISBN 978-65-5630-2348.

FRANZOLIN, R.; DEHORITY, B. A. Efeitos do pH Ruminal e Ingestão Alimentar na Defaunação em Ovinos sob Rações Concentradas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 6, p. 1207-1215, 1996.

GOULARTE, S. R.; ÍTAVO, L. C. V.; MORAIS, M. G.; SANTOS, G. T.; DIAS, A. M.; BEZERRA, F. S.; JÚNIOR, N. P. A.; CALVIS, D. S.; Consumo de Nutrientes e Parâmetros Ruminais de Vacas Alimentadas com Diferentes Níveis de Energia na Dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 1479-1486, 2010.

HOOVER, W. H.; STOKES, S.R. Balancing Carbohydrates and Protein for Optimum Rumen Microbial Yield. **Journal of Dairy Science**. v. 74, p. 3630-3644, 1991.

JÚNIOR, A. P. N.; SOARES, G. R.; SORARE, P. K. R.; NETO, K. X. C. R.; TEIXEIRA, R. M. A.; TAVARES V. B.; JAYNE, C. G. Avaliação Sazonal Da Qualidade Sanitária, Físicoquímica e Microbiológica do Leite Cru Produzido no Instituto Federal Sudeste De Minas Gerais, Campus Rio Pomba. **Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 76, n. 1, p. 1-11, 2021

KALB, S. R.; BARR, J. R. **Ricin Analysis**. **Encyclopedia of Analytical Chemistry**, p. 1–26, 2014.

KLEEN, J. L. Subacute Ruminal Acidosis (SARA): A Review. **Journal Veterinary Medicine**, Series A, v.50, p.406-414, 2003.

LOPES, G. E. M. Avaliação de Genótipos de Mamoneira em Baixa Altitude e Utilização da Casca do Fruto Como Substrato Vegetal. Tese (Doutorado Produção Vegetal) - **Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro**, 2009.

MACHADO, O. L. T. Métodos para Detecção de Toxinas e Alérgenos de Mamona e de Pinhão-Manso. Brasília: **Embrapa**, 2013.

MAIA, A. P.; SILVA, R. M.; OLIVEIRA, C. F.; SOUZA, J. T. Desempenho de Bezerros em Sistema de Aleitamento Intensivo. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 11, n. 21, p. 1-11, 2013.

MARTIN, S.A. Manipulation of Ruminal Fermentation with Organic Acids: A Review. **Journal of Animal Science**, v.76, p.3123-3132, 1998.

MERTENS, D.R. Gravimetric Determination of Amylase-treated Neutral Detergent Fiber in Feeds With Refluxing in Beaker or Crucibles: **Collaborative Study. Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002

MEDEIROS, S. G.; MARINO, C. T.; Proteínas na Nutrição de Bovinos de Corte. **Embrapa**, p. 29-44, 2016.

MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. MCDONALD, I. Rates of Rumen Fermentation in Relation to Ammonia Concentration. **British Journal of Nutrition**, v. 38, p. 251-258, 1977.

MENEZES, D. R.; COSTA, R. G.; ARAÚJO, G. G. L.; PEREIRA, L. G. R.; NUNES, A. C. B.; HENRIQUE, L. T.; RODRIGUES, R. T. S. Cinética Ruminal de Dietas Contendo Farelo de Mamona Destoxificado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 2, p. 636–641, mar. 2015.

MENEZES, D. R.; COSTA, R. G.; ARAÚJO, G. G. L.; PEREIRA, L. G. R.; OLIVEIRA, P. T. L.; SILVA, A. E. V. S.; VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A. Parâmetros Sanguíneos, Hepáticos e Ruminais de Ovinos Alimentados com Dietas Com Farelo de Mamona Destoxificado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2012.

MOREIRA, P. C.; MENDONÇA, A.C; MARTINS, A. F.; WASCHECK, R. C; SOUZA, P. R.; DUTRA, A. R.; GRANDSIRE, J.; REZENDE, P. L. P.; CARDOSO, J. R.; BENETT, E. J.; SILVA, M. S. B. **Avaliação do pH do Fluido Ruminal de Vacas Leiteiras**. Goiânia, v. 36, n. 11/12, p. 1201-1218, 2009.

MORGAVI, D. P.; KELLY, W. J.; JANSSEN, P. H.; ATTWOOD, G. T. **Rumen Microbial (Meta) Genomics and its Application to Ruminant Production Animal**, v.7 p. 184-201, 2013.

MOURA, S. B. Cinética Digestiva e Parâmetros Ruminais em Novilhas Leiteiras Alimentadas com Diferentes Níveis de Inclusão de Glicerina Bruta. 2013. Dissertação (Mestre, Zootecnia) - **Universidade Federal de Minas Gerais**, p. 73, 2013.

MUHLBACH, P. R. F. Produção e Manejo de Bovinos de Leite. Tese (Doutorado em Zootecnia) Porto Alegre: **Univerisdade Federal do Rio Grande do Sul**, 2004.

NETO, J. A. S. Determinação da Concentração de Nitrogênio para Melhoria da Degradabilidade de Forragem para Caprinos. 2017. Tese (Doutorado Em Zootecnia). **Universidade Federal da Paraíba**, 2017.

NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and Energy as An Integrated System. Relationship Of Ruminal Protein and Carbohydrate Availability to Microbial Synthesis and Milk Production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2070-2107, 1988

OETZEL, G.R. Herd-Based Biological Testing for Metabolic Disorders. In: **Annual Conference American Association of Bovine Practitioners**, 34., 2001, Vancouver, BC. Proceedings... Nancouver: AABP. p.1-12, 2001.

OLIVEIRA, D. A. M. Determinação da Fibra em Detergente Neutro e Fibra em Detergente Ácido em Alimentos Volumosos Utilizando Tecido não Tecido com Diferentes Gramaturas. Monografia (Bacharel em Zootecnia). **Faculdade Federal de Uberlândia**, 2019.

ORSKOV, E. R. **Nutrición Protéica de los Ruminantes**. Zaragoga: Acribia, 1988. 157 p

PEREIRA, L. G. R.; JUNIOR, R. G.; TOMICH, T. R. Utilização da Uréia na Alimentação de Ruminantes no Semi-Árido. **Embrapa**, p. 1-11, 2016.

POMPEU, R. C. F. F.; BEZERRA, L. T.; CANDIDO, M. J. D.; BOMFIM, M. A. D.; VIEIRA, M. M. M.; ANDRADE, R. R. Características da Carcaça e dos Componentes Não-Carcaça em Ovinos Alimentados com Rações à Base de Farelo de Mamona. **Revista Brasileira de Saúde e Produção de Animais**, Salvador, v.14, n.3, p.490-507, 2013.

POMPEU, R. C. F. F.; ROCHA, A. C.; CÂNDIDO, M. J. D.; SALLES, O. H.; SEVERINO, L. S.; ROGÉRIO, M. C. P.; GUEDES, L. F.; ALVES, L. G. S.; FREITAS, J. W. L. Farelo de Mamona Industrialmente Destoxificado na Alimentação de Ovinos. **Embrapa caprinos e ovinos** v.1, p. 22, 2020.

PURSER, D. B.; MOIR, R. J. Ruminal Flora Studies in the Sheep. IX. The Effect of pH on the Ciliate Population of the Rumen in vivo. **Australian Journal Agriculture Research**, Collingwood, v. 10, n. 2, p. 555-564, 1959.

REIS, R. A.; SILVA, S. C. Consumo de Forragens. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 4. p. 83-109.

ROBB, J. G.; LABEN, R. C.; WALKER Jr., H. G.; HERRING, V., 1974. **Castor Meal in Dairy Rations**, v. 57, p. 443-450, 1974.

ROFFLER, R. E.; SATTER, L. D. Relationship Between Ruminal Ammonia and Nonprotein Nitrogen Utilization by Ruminants. I. Development of a Model for Predicting Nonprotein Nitrogen Utilization by Cattle. **Journal of Dairy Science**, v.58, n.12, p.1880-1888, 1975.

RUSSELL J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. **A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets**. 1. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, v.70, p. 3551-3561,1992.

SANTOS, J. R. A. Extrato Alcalóidico da Farinha de Vagens Integrais de Algarobeiras em Dietas para Cordeiros Confinados. 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia). **Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia**, 2017.

SANTOS, P. A.; LUDKE, M. C. M. M.; LUDKE, J. V.; SANTOS, M. J. B.; MELO, A. G. S.; OLIVEIRA, A. C.; CAVALCANTI, A. S. A. Farelo de Mamona na Alimentação de Não Ruminantes. **Arquivo Nutritime**, v.10, n.6, 2013.

SATTER, L. D., SLYTER, L. L. Effect of Ammonia Concentration on Rumen Microbial Protein Production In vitro. **British Journal of Nutrition**, v. 32, p. 2755-2766, 1974.

SILVA, J. C.; SOUSA, M. D.; PEREIRA, C. A. Fisiologia Da Digestão Em Ruminantes. 2020. 20 p. Documento digital. **Universidade de Évora**, 2020.

SILVA, J. R.; PEREIRA, F. R. Gordura no Leite: Aspectos e Implicações. 2020. 15 p. Documento digital. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2020.

SILVA, D. C.; VASCONCELOS, V. R.; NASCIMENTO, H. T. S.; MOREIRA, M. A. F.; OLIVEIRA, M. E. Metabolismo dos Compostos Nitrogenados em Ovinos Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Mamona Destoxificado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 219-224, 2010.

SOCREPPA, L. M. Sincronização Ruminal de Energia e Proteína em Bovinos de Corte Criados em Sistema Pasto-Suplemento. 2020. Tese (Doutorado em Zootecnia) - **Universidade Federal de Goiás**, Goiânia, 2020.

SOUZA, L. C. M. Avaliação da Inativação da Ricina por Óxido de Cálcio 2017. Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia) - **Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro**, 2017.

ST-PIERRE, N. R. Invited review: Integrating Quantitative Findings from Multiple Studies Using Mixed Model Methodology. **Journal dairy of Science**. v. 84, p. 741–755, 2001

TERESINHA, B. T.; VAZ, P. A.; GISELE, O. S. **Nutrição de Ruminantes**. 2. Ed. Funesp, 2011. 616 p. ISBN 9788578050689.

TESSARI, F. A.; MARQUES, R. P. S.; CARVALHA, M. V. L. Suplementação Proteica e Nitrogenada vs. Reprodução de Fêmeas Bovinas em Pastejo: Revisão. **PUBVET**, n. 8 p. 2-12, v. 16, 2022.

VAN SOEST, P. J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2 ed. **Ithaca: Cornell University Press**, 1994. 476p.

VILMAR, K. G. **Bioquímica dos Ruminantes**. 3. ed. atual. Universidade Federal de Santa Maria, 17062017. 216 p. ISBN 978-85-7391-150-3, 2017