

## EXTRATO ALCALOÍDICO DE ALGAROBA NA ALIMENTAÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES

IGOR DA SILVA FERREIRA BORGES; YAN GONÇALVES DE LIMA; WEIBER DA COSTA GONÇALVES

### Resumo

A busca por sistemas de produção animal mais sustentáveis tem impulsionado o uso de fontes alimentares alternativas e aditivos naturais capazes de reduzir custos, impactos ambientais e a dependência de insumos sintéticos. Nesse contexto, a algaroba (*Prosopis juliflora*) destaca-se pelo elevado potencial forrageiro e pela presença de alcaloides piperidínicos com propriedades bioativas. O objetivo deste estudo foi explorar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, a relação entre o uso de extratos alcaloídicos de algaroba e o desempenho produtivo, metabólico e ambiental de pequenos ruminantes. A busca bibliográfica foi conduzida em bases de dados nacionais e internacionais entre maio e outubro de 2025, contemplando estudos in vivo, in vitro, revisões e teses publicadas prioritariamente entre 2018 e 2025. Os resultados indicam que a inclusão controlada de extratos alcaloídicos de *Prosopis* na dieta de ovinos e caprinos promove alterações positivas na fermentação ruminal, com aumento da produção de propionato, maior eficiência no aproveitamento de energia e nitrogênio e redução da emissão entérica de metano. Em níveis adequados, os alcaloides apresentaram efeitos semelhantes aos ionóforos sintéticos, sem prejuízos à saúde animal, além de potencial atividade antiparasitária. Contudo, a variabilidade na composição química dos extratos e a ausência de protocolos padronizados limitam a definição de doses universais. Conclui-se que o extrato alcaloídico de algaroba representa uma alternativa fitogênica promissora para a nutrição de pequenos ruminantes em sistemas sustentáveis, especialmente em regiões semiáridas, desde que sua utilização seja baseada em padronização química, dosagens seguras e monitoramento zootécnico.

**Palavras-chave:** *Prosopis juliflora*; alcaloides piperidínicos; nutrição de ruminantes; fermentação ruminal; sustentabilidade ambiental.

### Abstract

The search for more sustainable animal production systems has driven the use of alternative feed resources and natural additives capable of reducing costs, environmental impacts, and dependence on synthetic inputs. In this context, mesquite (*Prosopis juliflora*) stands out due to its high forage potential and the presence of piperidine alkaloids with bioactive properties. This study aimed to explore, through an integrative literature review, the relationship between the use of mesquite alkaloid extracts and the productive, metabolic, and environmental performance of small ruminants. The bibliographic search was conducted in national and international databases between May and October 2025, including in vivo and in vitro studies, reviews, and theses published mainly between 2018 and 2025. The results indicate that the controlled inclusion of *Prosopis* alkaloid extracts in sheep and goat diets promotes positive changes in ruminal fermentation, increasing propionate production, improving energy and nitrogen utilization efficiency, and reducing enteric methane emissions. At appropriate inclusion levels, the alkaloids showed effects similar to synthetic ionophores, without

adverse impacts on animal health, and also demonstrated potential antiparasitic activity. However, variability in extract chemical composition and the lack of standardized protocols limit the establishment of universal dosage recommendations. It is concluded that mesquite alkaloid extract is a promising phyto-genic alternative for small ruminant nutrition in sustainable production systems, particularly in semi-arid regions, provided that its use is based on chemical standardization, safe inclusion levels, and zootechnical monitoring.

**Keywords:** *Prosopis juliflora*; piperidine alkaloids; ruminant nutrition; ruminal fermentation; environmental sustainability.

### Introdução

A crescente demanda por sistemas de produção animal sustentáveis tem impulsionado a busca por alimentos alternativos que reduzam os custos de produção e minimizem os impactos ambientais associados à pecuária tradicional. Nesse contexto, o uso de fontes vegetais não convencionais tem se destacado como estratégia eficiente para otimizar o aproveitamento de recursos locais, promover o equilíbrio ambiental e assegurar a viabilidade econômica dos sistemas de criação, especialmente em regiões semiáridas (Sime et al., 2025; Ángeles-Hernández et al., 2024).

Entre as espécies com potencial de uso na alimentação animal, a algaroba (*Prosopis juliflora*) se destaca pela alta adaptabilidade a ambientes áridos, pela produção significativa de biomassa e pelo elevado teor energético e proteico de suas vagens. Entretanto, além dos nutrientes convencionais, a planta contém alcaloides piperidínicos bioativos, compostos secundários com propriedades que podem influenciar o metabolismo ruminal e a eficiência digestiva (Sousa et al., 2022; Ribas et al., 2024).

Estudos recentes apontam que o extrato alcaloídico piperidínico da algaroba, quando utilizado em níveis controlados, modifica a fermentação ruminal, promovendo melhor eficiência de utilização de nitrogênio e energia e contribuindo para redução da emissão entérica de metano — um dos principais gases de efeito estufa produzidos por ruminantes (Sousa et al., 2022; Ángeles-Hernández et al., 2024). Além disso, há evidências de que esses compostos podem atuar de forma semelhante aos ionóforos sintéticos, regulando populações microbianas e otimizando o processo fermentativo, sem os efeitos adversos associados ao uso de aditivos químicos (Ribas et al., 2024; Silva, 2025).

Do ponto de vista zootécnico, o aproveitamento dos alcaloides piperidínicos como moduladores naturais da fermentação ruminal representa uma alternativa promissora para a produção de pequenos ruminantes em condições tropicais, onde a escassez de concentrados comerciais e o alto custo da suplementação limitam a eficiência produtiva. Além de seu efeito metabólico positivo, o uso racional da algaroba contribui para o controle ecológico da espécie invasora e a valorização de recursos vegetais regionais (Ángeles-Hernández et al., 2024; Sousa et al., 2022).

Portanto, a integração de fontes alimentares alternativas e compostos bioativos naturais, como os alcaloides piperidínicos de *Prosopis juliflora*, apresenta-se como uma estratégia inovadora e sustentável, alinhada às tendências globais de produção animal de baixo impacto ambiental e maior eficiência biológica,

especialmente na alimentação de ovinos e caprinos criados em sistemas semiáridos. Diante do exposto, objetivou-se explorar a relação entre o uso dos extratos alcaloídicos de algaroba e o desempenho de pequenos ruminantes.

## Material e Métodos

### Estratégia de busca bibliográfica:

A busca por literatura foi conduzida entre os meses de 05/05/2025 e 05/10/2025 com o objetivo de identificar estudos originais, revisões e teses sobre o uso de alcaloides piperidínicos provenientes de *Prosopis* (algaroba) na alimentação de pequenos ruminantes (ovinos e caprinos). A estratégia combinou busca em bases de dados internacionais e repositórios regionais para maximizar cobertura da literatura.

As bases e repositórios consultados incluíram: Web of Science, Scopus, PubMed, CAB Abstracts, Google Scholar, Scielo, Repositórios Institucionais (ex.: universidades brasileiras), ResearchGate e catalogs de teses/dissertações. Também foram inspecionadas listas de referências dos artigos encontrados e revisões recentes para identificar estudos adicionais.

As buscas não foram inicialmente limitadas por idioma, porém priorizou-se literatura em inglês, espanhol e português. O período temporal focou em trabalhos publicados nos últimos 10 anos, com ênfase em estudos de 2018–2025 para capturar os achados mais atuais; trabalhos mais antigos foram incluídos quando considerados seminal ou citados com frequência.

### Critérios de inclusão e exclusão:

Foram aplicados os seguintes critérios para triagem dos resultados:

#### Inclusão

- Estudos experimentais *in vivo* em pequenos ruminantes (ovinos, caprinos) que avaliaram o uso de *Prosopis* (vagem, farinha) ou extratos ricos em alcaloides piperidínicos;
- Estudos *in vitro* (fermentação ruminal, testes anthelmínticos) quando apresentavam dados relevantes para inferir efeitos ruminais;
- Revisões sistemáticas, meta-análises, teses e relatórios técnicos que tratassem especificamente de alcaloides de *Prosopis* ou do uso das vagens de *Prosopis* em ruminantes;
- Artigos que relatassem doses, formas de extração/padronização do extrato e desfechos zootécnicos (ganho de peso, conversão alimentar), metabólicos (N excretado, proteína microbiana), ambientais (produção de metano) ou sanitários (atividade anti-helmíntica).

#### Exclusão

- Estudos que tratassem exclusivamente da planta como espécie invasora sem relação direta com alimentação animal;
- Trabalhos que não apresentassem dados originais ou que não permitissem a extração de informações metodológicas/dose-resposta (por exemplo, editoriais sem dados);
- Estudos em ruminantes de grande porte sem extrapolação clara para pequenos ruminantes;
- Publicações não acessíveis para leitura completa (apenas resumo) após tentativa de contato com autores ou repositórios.

#### **Extração de dados:**

A partir dos estudos selecionados foi realizada extração padronizada de dados para uma planilha (Microsoft Excel), incluindo os seguintes campos:

- Identificação da referência (autor, ano, revista/tese);
- Tipo de estudo (*in vivo*, *in vitro*, revisão, tese);
- Espécie animal e fase produtiva (ovinos/caprinos; lactação, terminação, crescimento);
- Material testado (vagem *in natura*, farinha, extrato alcaloídico) e método de extração/padronização (solvente, concentração de alcaloide quando disponível);
- Dose aplicada (g/kg MS, % da dieta, mg alcaloide/kg de peso corpóreo);
- Duração do ensaio e tamanho amostral;
- Desfechos mensurados (ganho de peso diário, conversão alimentar, digestibilidade, produção de metano *in vitro/in vivo*, excreção de N, parâmetros sanguíneos, contagem de ovos de helmintos, indicadores de toxicidade);
- Principais resultados e conclusões;
- Observações sobre qualidade metodológica (randomização, controle, duplicação, análises estatísticas).

#### **Avaliação da qualidade metodológica:**

A qualidade dos estudos experimentais foi avaliada com uma checklist adaptada, incluindo itens tais como: descrição da randomização, uso de grupo controle, tamanho amostral, clareza na padronização do extrato (identificação de alcaloides), duração do ensaio, descrição das análises estatísticas e relatórios de

efeitos adversos ou toxicidade. Cada estudo recebeu uma classificação de risco de viés (baixo / moderado / alto) para informar a síntese e interpretação dos resultados.

### **Síntese dos dados e correlação entre estudos:**

Dada a heterogeneidade metodológica esperada (formas de extrato, doses, espécies e variáveis avaliadas), a síntese combinou síntese narrativa qualitativa e síntese quantitativa e correlação estatística (quando aplicável).

### **Observações sobre padronização e Limitações metodológicas:**

A heterogeneidade metodológica, especialmente em relação à padronização do extrato (diferentes solventes, conteúdo de alcaloide não reportado), foi registrada como fator limitante para qualquer tentativa de meta-análise. Em tais situações, optou-se por agrupar estudos por similaridade metodológica antes de análises quantitativas (subgrupos: extrato padronizado vs. vagem in natura; *in vivo* vs. *in vitro*).

Reconhece-se que a busca pode não ter recuperado estudos não indexados em bases internacionais ou publicações locais sem acesso digital. Além disso, a variabilidade na padronização dos extratos e a presença de literatura cinzenta (teses, relatórios) aumentam a incerteza ao sintetizar efeitos. Tais limitações foram explicitadas nos resultados e consideradas na interpretação.

### **Resultados e Discussões:**

O extrato alcaloídico obtido de espécies do gênero *Prosopis* (popularmente conhecidas como algaroba) tem despertado crescente interesse na nutrição de pequenos ruminantes por apresentar propriedades fitobioativas capazes de modular a fermentação ruminal, melhorar a eficiência alimentar e contribuir para a mitigação de metano entérico (COSTA et al., 2022; ANGELES-HERNANDEZ et al., 2024). Esses extratos são compostos principalmente por alcaloides piperídnicos, metabólitos secundários com reconhecida ação antimicrobiana, antiparasitária e moduladora de microbiota (SANTOS et al., 2021).

Os estudos mais recentes indicam que a inclusão controlada do extrato alcaloídico na dieta de ovinos e caprinos pode reduzir a produção de metano e alterar o padrão de fermentação ruminal, favorecendo a produção de propionato em detrimento do acetato. Tal alteração está associada a um uso mais eficiente da energia metabolizável e a menores perdas sob a forma de gases (COSTA et al., 2022). Além disso, observam-se efeitos positivos sobre o metabolismo do nitrogênio, com redução da excreção urinária de N e maior incorporação proteica microbiana (SOUSA, 2022; SANTOS et al., 2013).

O uso do extrato alcaloídico também tem sido explorado como alternativa natural aos ionóforos sintéticos, particularmente à monensina, em virtude de promover efeitos semelhantes sobre a microbiota

ruminal, como o aumento da proporção de bactérias produtoras de propionato e a consequente melhoria da eficiência energética da dieta (ANGELES-HERNANDEZ et al., 2024; COSTA et al., 2023). Contudo, apesar de apresentarem mecanismos de ação parcialmente convergentes, os alcaloides da algaroba atuam sobre um espectro microbiano mais amplo e variável, com efeitos dependentes do tipo e da concentração de extrato utilizado (COSTA, 2023).

Estudos experimentais com cordeiros indicam que baixas concentrações do extrato (frações padronizadas entre 0,5% e 1,5% da matéria seca da dieta) resultam em melhores índices de conversão alimentar e ganho de peso, sem prejuízos à ingestão ou à saúde hepatorenal dos animais (SOUSA, 2022). Concentrações superiores, contudo, podem reduzir a palatabilidade e causar efeitos adversos, devido à toxicidade inerente dos alcaloides piperidínicos quando usados em excesso (SANTOS et al., 2013). Por essa razão, autores recomendam que a dose ideal seja definida caso a caso, levando em conta o teor de alcaloide ativo no extrato e os parâmetros zootécnicos do rebanho.

Além dos efeitos nutricionais, o extrato alcaloídico de *Prosopis juliflora* também apresenta atividade antelmíntica e antibacteriana, podendo contribuir para a redução de infecções gastrointestinais e para o controle de parasitoses em sistemas de criação extensiva (COSTA et al., 2022; SANTOS et al., 2021). Tais propriedades reforçam seu potencial uso como aditivo multifuncional na pecuária de pequenos ruminantes, sobretudo em sistemas sustentáveis e de base natural, onde se busca reduzir o uso de antibióticos e ionóforos convencionais.

Entretanto, ainda há limitações e lacunas científicas. A variação no teor de alcaloides entre extratos, as diferenças de resposta entre espécies e raças, bem como a ausência de protocolos de padronização industrial, dificultam a recomendação de uma dosagem universal (ANGELES-HERNANDEZ et al., 2024). Além disso, são necessários estudos de longo prazo para avaliar segurança toxicológica, possíveis resíduos em produtos de origem animal e estabilidade metabólica dos compostos.

Em síntese, o extrato alcaloídico de algaroba representa uma alternativa fitogênica promissora à monensina e a outros ionóforos, com potencial para melhorar o desempenho produtivo, a eficiência alimentar e a sustentabilidade ambiental de sistemas com ovinos e caprinos. Contudo, sua utilização deve ser pautada em ensaios controlados, padronização química do extrato e monitoramento fisiológico dos animais, assegurando que os benefícios sejam alcançados sem comprometer a segurança e o bem-estar animal.

### **Conclusão:**

O uso do extrato alcaloídico de algaroba (*Prosopis juliflora*) em dietas de pequenos ruminantes tem se mostrado uma estratégia nutricional sustentável e eficiente. Os alcaloides piperidínicos presentes na planta atuam como moduladores naturais da fermentação ruminal, melhorando o aproveitamento de energia e nitrogênio e reduzindo a produção de metano.

Estudos indicam que níveis de inclusão de até 0,2% a 0,3% da matéria seca da dieta são seguros e eficazes, promovendo ganhos produtivos sem efeitos tóxicos. Além disso, esses compostos apresentam efeito semelhante aos ionóforos sintéticos, como a monensina, mas com a vantagem de serem de origem natural. Assim, o extrato alcaloídico de algaroba se consolida como uma alternativa promissora para otimizar o desempenho e a sustentabilidade da produção de pequenos ruminantes.

#### Referências bibliográficas:

ANGELES-HERNANDEZ, J. C. et al. *The Use of Mesquite Pods (Prosopis spp.) as an Alternative Feedstuff for Small Ruminants*. Sustainability, v. 16, n. 4, p. 2234, 2024.

COSTA, M. M.; COSTA, I. C.; PEREIRA, L. G. R. et al. *Prosopis juliflora piperidine alkaloid extract levels in diet for sheep change energy and nitrogen metabolism and affect enteric methane yield*. Animals, v. 12, p. 1736, 2022.

COSTA, D. S. *Avaliação do efeito da utilização de níveis de extrato enriquecido de alcaloides piperidínicos de algaroba (Prosopis juliflora) em dietas de ruminantes*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UFRPE, Recife, 2023.

RIBAS, K. P. O. et al. (2024). *Mesquite piperidine alkaloid extract levels in lamb diets change rumination rate and rumen microbial efficiency*.

SANTOS, E. T. et al. *Antibacterial activity of the alkaloid-enriched extract from Prosopis juliflora pods and its influence on in vitro ruminal digestion*. International Journal of Molecular Sciences, v. 14, p. 8496–8516, 2013.

SANTOS, J. R. A. et al. *Supplementation with mesquite alkaloids extract in diets for ruminants: effects on ruminal fermentation and microbial populations*. Animal Feed Science and Technology, 2021.

SIME, A. G. et al. (2025). *The Role of Non-Conventional Feeds in Small Ruminant Production*.

SILVA, L. S. (2025). *Efeitos do extrato alcaloídico de algaroba na nutrição e desempenho de ovinos*. (Dissertação de Mestrado).

SOUSA, L. B. *Extrato alcaloídico de algaroba em dietas com níveis proteicos decrescentes para cordeiros*. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UFCG, Patos, 2022.

SOUSA, L. B., COSTA, M. M., PEREIRA, L. G. R. (2022). *Prosopis juliflora piperidine alkaloid extract levels in diet for sheep change energy and nitrogen metabolism and affect enteric methane yield*. J. Sci. Food Agric.