



## REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE METANO EM BOVINOS ZEBUÍDOS SUPLEMENTADOS COM IONÓFOROS: META-ANÁLISE

Ana Clara Nogueira Gonçalves<sup>1</sup>

Ingrid Guidi Ribeiro<sup>1</sup>

Danilo Pereira e Araújo<sup>1</sup>

Letícia Gobbo Oliveira<sup>1</sup>

Mariana Braga Jordão<sup>1</sup>

Rafahel Carvalho de Souza<sup>2</sup>

Alan Figueiredo de Oliveira<sup>2</sup>

**INTRODUÇÃO:** O crescimento contínuo da demanda por alimentos de origem animal tem imposto desafios crescentes à cadeia produtiva da carne bovina, especialmente no que se refere à necessidade de ampliar a produção de maneira sustentável. As projeções indicam um aumento expressivo da população mundial nas próximas décadas, intensificando a pressão sobre os sistemas agropecuários para que se tornem mais eficientes no uso dos recursos naturais e menos impactantes ao meio ambiente (Organizações das Nações Unidas, 2025). Nesse contexto, a bovinocultura de corte assume papel estratégico na segurança alimentar global, ao mesmo tempo em que enfrenta maior exigência quanto à redução de seus impactos ambientais. Nos sistemas de produção de bovinos de corte, os gastos com alimentação representam parcela significativa dos custos totais, tornando a eficiência alimentar um dos principais determinantes da rentabilidade. Assim, estratégias que promovam melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta são fundamentais não apenas para a redução de custos, mas também para a mitigação das emissões associadas ao processo produtivo. Entre os principais desafios ambientais da atividade destaca-se a emissão de metano entérico, um gás de efeito estufa produzido durante a fermentação ruminal e responsável por perdas energéticas relevantes para o animal. A magnitude dessas emissões está diretamente relacionada ao perfil de fermentação ruminal e à dinâmica da microbiota presente no rúmen, uma vez que a produção de metano depende da disponibilidade de hidrogênio gerado durante a fermentação dos carboidratos (Van Soest, 1994; Hristov *et al.*, 2013). Dessa forma, a modulação do ambiente ruminal surge como uma estratégia

---

<sup>1</sup>Discente do curso de Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

<sup>2</sup>Docente do curso de Medicina Veterinária na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

promissora para aumentar a eficiência produtiva e reduzir os impactos ambientais da bovinocultura. Nesse sentido, os ionóforos são amplamente utilizados na nutrição de ruminantes devido à sua capacidade de alterar seletivamente a microbiota ruminal, promovendo mudanças no padrão de fermentação. Esses aditivos favorecem a produção de propionato em detrimento do acetato, reduzindo a disponibilidade de hidrogênio para a metanogênese e, consequentemente, a emissão de metano. Dentre os ionóforos empregados, a monensina destaca-se como a mais difundida em sistemas de produção de bovinos de corte, em função de seus efeitos consistentes sobre o desempenho animal, a eficiência alimentar e a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Beauchemin *et al.*, 2008; Mizura *et al.*, 2023). Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de uma meta-análise, os efeitos da suplementação com ionóforos sobre as emissões de metano em bovinos de corte zebuínos. **MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho consistiu em uma revisão sistemática com meta-análise, conduzida para avaliar os efeitos da suplementação com ionóforos em bovinos de corte zebuínos (*Bos taurus indicus*). A seleção dos estudos seguiu as diretrizes do PRISMA, adotando o modelo PICO, considerando animais suplementados com ionóforos em comparação a animais não suplementados. A busca bibliográfica foi realizada nas bases Scopus, Web of Science, Embase e PubMed, incluindo estudos experimentais publicados em periódicos revisados por pares. O último levantamento foi realizado em 11 de fevereiro de 2025. Foram incluídos trabalhos que avaliaram a emissão de metano. Após aplicação dos critérios de elegibilidade, cinco estudos foram incluídos na meta-análise. Os dados foram analisados por meio de modelos de efeitos aleatórios, estimando-se diferenças médias e intervalos de confiança de 95%. **RESULTADOS e DISCUSSÃO:** A meta-análise demonstrou que a suplementação com ionóforos promoveu redução significativa das emissões de metano entérico em bovinos zebuínos, com diminuição média de aproximadamente 12,8% por unidade de consumo de matéria seca em comparação aos animais não suplementados, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Efeito da suplementação com ionóforos sobre a emissão de metano em bovinos de corte zebuínos.

| Parâmetros                           | Grupo control<br>e | Número de<br>comparação | Diferença média (IC 95%) |         | Heterogeneidade    |         |
|--------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|---------|--------------------|---------|
|                                      |                    |                         | Efeito aleatório         | P-value | I <sup>2</sup> (%) | P-value |
| Emissão de CH <sub>4</sub> (g/kg MS) | 13,9               | 5                       | -1,78 [-3,38; -0,186]    | 0,029   | 68,8               | 0,012   |

CH<sub>4</sub> = metano; MS = matéria seca; IC = intervalo de confiança; I<sup>2</sup> = proporção da variação total das estimativas do tamanho do efeito atribuída à heterogeneidade; valor de P para o teste  $\chi^2$  (Q) de heterogeneidade.

O índice de heterogeneidade observado ( $I^2 = 68,8\%$ ;  $P = 0,012$ ) indica heterogeneidade moderada entre os estudos analisados. Essa variabilidade pode ser atribuída a diferenças metodológicas e biológicas entre os experimentos incluídos na meta-análise, como variações na composição da dieta, nas doses e tipos de ionóforos, nas categorias animais, nos sistemas de produção e nos métodos de mensuração do metano. Além disso, a emissão de metano é um parâmetro que apresenta alta instabilidade, o que contribui para o aumento da heterogeneidade. Apesar dessa heterogeneidade, o efeito médio permaneceu significativo, indicando um padrão consistente de redução na produção de metano associado à suplementação com ionóforos. Esse efeito está diretamente relacionado às alterações no perfil de fermentação ruminal induzidas por esses aditivos, que promovem maior eficiência no aproveitamento energético da dieta. Estudos recentes relatam aumentos nas concentrações de propionato, ácido graxo de cadeia curta que atua como importante via consumidora de hidrogênio no rúmen. A maior utilização do hidrogênio na formação de propionato pode reduzir sua disponibilidade para as arqueias metanogênicas, resultando em menor produção de metano. Além disso, normalmente se observa redução da proporção de acetato quando se utilizam ionóforos, cuja formação está associada à maior liberação de hidrogênio durante a fermentação ruminal (Russell; Strobel, 1989; Beauchemin *et al.*, 2008). Adicionalmente, os ionóforos exercem ação seletiva sobre a microbiota ruminal, inibindo bactérias Gram-positivas, muitas das quais estão envolvidas na produção de hidrogênio, favorecendo indiretamente a proliferação de bactérias Gram-negativas, em função da natureza lipofílica desses compostos. Esse redirecionamento da fermentação para vias metabolicamente mais eficientes contribui para a redução das perdas energéticas na forma de metano e para a melhoria da eficiência alimentar dos animais (McGuffey *et al.*, 2001). Esses resultados corroboram estudos prévios que apontam os ionóforos como uma das estratégias nutricionais mais consistentes para a mitigação do metano entérico em ruminantes, especialmente em sistemas de produção com bovinos zebuínos (Beauchemin *et al.*, 2008; Hristov *et al.*, 2013). **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** A suplementação com ionóforos reduz significativamente as emissões de metano entérico em bovinos de corte zebuínos, ao promover alterações favoráveis na fermentação ruminal. A redução do metano está associada ao aumento da eficiência de utilização da energia da dieta, contribuindo tanto para a sustentabilidade ambiental quanto para a eficiência produtiva dos sistemas de produção. Os resultados reforçam o papel dos ionóforos como ferramenta nutricional estratégica em sistemas tropicais de produção de bovinos zebuínos.

**Palavras-chave:** ionóforos. Metano entérico. Fermentação ruminal. Bovinos zebuínos. Sustentabilidade.

**Keywords:** ionophores. Enteric methane. Ruminal fermentation. Zebu cattle. Sustainability.

## REFERÊNCIAS

- BEAUCHEMIN, K. A. et al. **Nutritional management for enteric methane abatement: a review**. Australian Journal of Experimental Agriculture, v. 48, n. 2, p. 21–27, 2008.
- HRISTOV, A. N. et al. **Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options**. Journal of Animal Science, v. 91, n. 11, p. 5045–5069, 2013.
- MCGUFFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. **Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook**. Journal of Dairy Science, v. 84, p. E194–E203, 2001.
- MIZURA, C. C. et al. **Effects of ionophores on performance and ruminal fermentation of beef cattle: a meta-analysis**. Animal Feed Science and Technology, v. 307, p. 115–128, 2023.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World population prospects 2024: summary of results**. New York: United Nations, 2025.
- RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. **Effect of ionophores on ruminal fermentation**. Applied and Environmental Microbiology, v. 55, n. 1, p. 1–6, 1989.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.