

Minerais orgânicos em sistemas de confinamento

Jessica Geralda Ferracini^{1*}, Vinicius Kenji Tamehiro², Ivanor Nunes do Prado³

¹Aluno de Doutorado da Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo, 5790, Maringá, Paraná, Brasil, CEP 87020-900.

²Zootecnista da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

³Professor da Universidade Estadual de Maringá Avenida Colombo, 5790, Maringá, Paraná, Brasil, CEP 87020-900.

*Autor para correspondência, e-mail: inprado@uem.br

Resumo. A nutrição mineral é fundamental no desempenho produtivo, na saúde e na eficiência dos sistemas de confinamento de bovinos de corte. Tradicionalmente, minerais inorgânicos têm sido utilizados na formulação de dietas. Entretanto, sua biodisponibilidade pode ser limitada por interações químicas no rúmen e no trato gastrointestinal, resultando em menor aproveitamento e maior excreção mineral no ambiente. Nesse contexto, os minerais orgânicos, caracterizados pela ligação do mineral a compostos orgânicos, como aminoácidos, peptídeos ou leveduras, surgem como uma alternativa nutricional com maior estabilidade e absorção intestinal. Estudos indicam que a suplementação com minerais orgânicos, especialmente microminerais como zinco, cobre, manganês e selênio, pode melhorar o ganho de peso, a eficiência alimentar e a resposta imunológica de bovinos confinados, sobretudo em condições de estresse metabólico e sanitário. Além disso, há evidências de efeitos positivos sobre as características de carcaça e a qualidade da carne, bem como sobre a redução da excreção mineral, contribuindo para a sustentabilidade ambiental dos sistemas intensivos de produção. Apesar dos efeitos positivos relatados, a literatura apresenta variabilidade nos resultados, atribuída principalmente às diferenças entre as fontes de minerais orgânicos, as formas químicas, os níveis de suplementação, as interações com a dieta basal e as condições de manejo dos animais. Dessa forma, torna-se necessária a condução de estudos, especialmente em sistemas de confinamento sob condições tropicais, visando elucidar os mecanismos de ação, estabelecer níveis ótimos de inclusão e avaliar, de forma integrada, os impactos produtivos, metabólicos, econômicos e ambientais da suplementação com minerais orgânicos em bovinos de corte. O objetivo do presente estudo foi revisar os principais aspectos relacionados ao uso de minerais orgânicos em sistemas de confinamento.

Palavras-chave: Biodisponibilidade, bovinos de corte, desempenho, minerais quelatados.

Organic minerals in feedlot systems

Abstract. Mineral nutrition plays a fundamental role in the productive performance, health, and efficiency of beef cattle feedlot systems. Traditionally, inorganic minerals have been used in diet formulation; however, their bioavailability may be limited by chemical interactions in the rumen and gastrointestinal tract, resulting in reduced utilization and increased mineral excretion into the environment. In this context, organic minerals, characterized by the binding of minerals to organic compounds such as amino acids, peptides, or yeasts, emerge as a nutritional alternative with greater stability and improved intestinal absorption. Studies indicate that supplementation with organic minerals, especially trace minerals such as zinc, copper, manganese, and selenium, can improve weight gain, feed efficiency, and immune response in feedlot cattle, particularly under conditions of metabolic and health-related stress. Furthermore, evidence suggests positive effects on carcass characteristics and meat quality, as well as reduced mineral excretion, contributing to the environmental sustainability of intensive production systems. Despite

these reported benefits, the literature shows variability in outcomes, mainly attributed to differences in organic mineral sources, chemical forms, supplementation levels, interactions with the basal diet, and animal management conditions. Therefore, further studies are needed, particularly in feedlot systems under tropical conditions, to elucidate mechanisms of action, establish optimal inclusion levels, and comprehensively evaluate the productive, metabolic, economic, and environmental impacts of organic mineral supplementation in beef cattle. The objective of this study is to identify the main aspects related to the use of organic minerals in feedlot systems.

Keywords: Beef cattle, bioavailability, performance, chelated minerals.

Introdução

A intensificação dos sistemas de produção de bovinos de corte, especialmente por meio do confinamento, tem aumentado a demanda por estratégias nutricionais que promovam maior eficiência produtiva, sanidade animal e sustentabilidade ambiental ([NRC, 2000](#)). Nesse contexto, a nutrição mineral assume papel fundamental, uma vez que os minerais participam de inúmeros processos metabólicos, incluindo a ativação enzimática, a regulação hormonal, a função imunológica e o crescimento e desenvolvimento dos tecidos ([Lehninger, 2006](#); [Matos et al., 2024](#); [Mottin et al., 2013](#); [NRC, 2000](#)).

Tradicionalmente, a suplementação mineral em dietas de bovinos de corte tem sido realizada por meio de fontes inorgânicas, como sulfatos, óxidos e carbonatos ([Balsalobre & Ramalho, 2010](#); [Pedreira et al., 2011](#)). No entanto, essas fontes podem apresentar limitações relacionadas à sua biodisponibilidade, devido a interações antagônicas no rúmen e no trato gastrointestinal, como a formação de complexos insolúveis e a competição por sítios de absorção intestinal ([Palomares, 2022](#); [Pugh, 1994](#); [Spears, 1996](#)). Como consequência, parte significativa dos minerais suplementados pode não ser absorvida, resultando em menor eficiência nutricional e maior excreção mineral no ambiente ([Arthington & Ranches, 2021](#); [Byrne & Murphy, 2022](#); [Gayathri & Panda, 2018](#); [Goff, 2018](#)).

Diante dessas limitações, os minerais orgânicos têm sido propostos como uma alternativa nutricional mais eficiente. Esses minerais são caracterizados pela ligação do elemento mineral a compostos orgânicos, como aminoácidos, peptídeos ou polissacarídeos, formando quelatos ou complexos orgânicos que conferem maior estabilidade química e proteção contra antagonismos ruminais ([Byrne et al., 2021](#); [Gayathri & Panda, 2018](#); [Mottin et al., 2013](#); [Spears, 1996, 2003](#)). Estudos indicam que essas características podem favorecer a absorção intestinal e a retenção tecidual dos minerais, especialmente dos microminerais essenciais, como zinco, cobre, manganês e selênio ([Cope et al., 2009](#); [Spears & Kegley, 2002](#)).

Em sistemas de confinamento, nos quais os animais são frequentemente submetidos a elevados níveis de estresse metabólico, térmico e sanitário, a suplementação com minerais orgânicos tem sido associada a melhorias no desempenho produtivo, na eficiência alimentar e na resposta imunológica ([Garg et al., 2008](#); [Genther-Schroeder et al., 2016](#); [Lippy et al., 2022](#); [Matos et al., 2024](#)).

Dessa forma, estudos voltados à utilização de minerais orgânicos mostram-se de grande importância, visando ao aumento da produtividade, à maior sustentabilidade ambiental e, consequentemente, a melhores resultados econômicos.

Metodologia

O estudo foi conduzido como uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa, com o objetivo de sintetizar evidências científicas sobre o uso de minerais orgânicos em sistemas de confinamento de bovinos de corte. A revisão seguiu etapas padronizadas, incluindo a definição do tema, a seleção dos estudos, a análise das informações e a síntese dos resultados.

A busca foi realizada nas bases Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, SciELO e Google Scholar, considerando publicações até dezembro de 2025, por meio de descritores em português e inglês relacionados à suplementação de minerais orgânicos. Os estudos foram selecionados por leitura de

títulos, resumos e textos completos, sendo os achados analisados de forma qualitativa e integrados à discussão.

Minerais orgânicos em sistemas de confinamento

O termo *mineral orgânico* refere-se a fontes minerais nas quais o íon metálico está ligado a um ligante orgânico (por exemplo, aminoácidos, peptídeos, proteínas, polissacarídeos ou componentes de levedura), formando complexos, quelatos ou proteinatos que diferem quimicamente das formas inorgânicas (óxidos, sulfatos e carbonatos) ([Gayathri & Panda, 2018](#); [Mottin et al., 2013](#)). Esses arranjos químicos visam proteger o mineral de reações indesejadas no rúmen e favorecer sua transferência e absorção em nível intestinal ([Byrne et al., 2021](#); [Mion et al., 2022](#); [Soares et al., 2023](#); [Spears, 2003](#)). A ligação do mineral a um ligante orgânico pode reduzir a interação com compostos ruminais e a formação de sais insolúveis, aumentando a fração que alcança o intestino em forma potencialmente absorvível. Estudos clássicos demonstram diferenças na absorção e no status tecidual entre fontes inorgânicas e orgânicas para minerais selecionados ([Goff, 2018](#)).

Na literatura científica e na indústria, as fontes orgânicas costumam ser classificadas em algumas categorias principais:

- Quelatos: estruturas nas quais o metal forma ligações coordenadas com um ligante orgânico que cria um anel (ex.: quelatos de aminoácidos ou peptídeos). São frequentemente rotulados como *metal amino acid chelate* ou *metal proteinate*.
- Proteinatos: produtos resultantes da reação do metal com peptídeos ou proteínas hidrolisadas, frequentemente utilizados comercialmente como formas de maior biodisponibilidade.
- Complexos aminoácido-mineral: o metal está ligado a um único aminoácido (ex.: zinco-metionina), forma frequentemente estudada por sua solubilidade e estabilidade.
- Complexos polissacarídeos ou oligossacarídeos: metais associados a carboidratos ou a componentes da parede celular microbiana, incluindo os denominados *polysaccharide-complexed minerals*.
- Leveduras enriquecidas ou seleno-leveduras: minerais, especialmente o selênio, incorporados à biomassa de leveduras, fornecendo o mineral em forma orgânica, como a selenometionina.

A avaliação da biodisponibilidade de fontes orgânicas utiliza diversos métodos, incluindo ensaios de balanço mineral, determinação da concentração tecidual (fígado e rim), biomarcadores enzimáticos e respostas produtivas, como ganho de peso, desempenho reprodutivo e parâmetros imunológicos. Revisões e meta-análises recentes apontam respostas variáveis, algumas consistentes em melhorias no status mineral e em parâmetros fisiológicos, enquanto outras demonstram efeitos modestos ou dependentes do contexto, como o tipo de mineral, a dieta basal e o estado inicial dos animais ([McKnight et al., 2025](#)).

O confinamento expõe os bovinos a diferentes fatores de estresse, como alta densidade animal, manejo frequente, desafios sanitários e alterações bruscas na dieta. Nesse contexto, os minerais exercem papel central na manutenção da função imunológica e na resposta ao estresse oxidativo. O zinco e o cobre estão envolvidos na integridade das membranas celulares e na atividade de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase. O selênio, por sua vez, é componente da glutathione peroxidase, enzima essencial na proteção contra danos oxidativos ([Genther-Schroeder et al., 2016](#); [Lippy et al., 2022](#); [Spears & Weiss, 2008](#)).

Minerais como cobre (Cu), cobalto (Co), manganês (Mn) e zinco (Zn) são essenciais não apenas para o metabolismo e o crescimento, mas também para a função imunológica de bovinos submetidos a estresse ([Arthington & Ranches, 2021](#); [Pugh, 1994](#); [Spears, 2003](#)). Em situações estressantes, a capacidade de absorção e utilização de minerais pode ser comprometida, o que reforça a importância do uso de fontes mais biodisponíveis ([Wu et al., 2013](#)).

Segundo a meta-análise realizada por [McKnight et al. \(2025\)](#), a substituição de minerais inorgânicos por minerais orgânicos resultou em aumento do ganho médio diário (GMD) de 0,040 kg/dia ($P = 0,01$). A suplementação prolongada (> 30 dias) também promoveu aumento significativo do GMD, em

contraste com suplementações de curta duração, indicando que os efeitos benéficos do uso de minerais orgânicos podem ser dependentes do tempo de suplementação ([Byrne & Murphy, 2022](#); [Gayathri & Panda, 2018](#)).

[Smerchek et al. \(2023\)](#) demonstraram que a suplementação de zinco em sua forma orgânica melhorou parâmetros relacionados à integridade intestinal e à atividade enzimática. Outros estudos evidenciaram melhorias no status hepático e plasmático quando o cobre foi fornecido na forma orgânica ([García Díaz et al., 2015](#); [Guedes et al., 2018](#)). O selênio, componente da glutatona peroxidase e essencial na proteção contra o estresse oxidativo, quando fornecido em sua forma orgânica, pode aumentar sua concentração sanguínea e a atividade antioxidante, além de melhorar marcadores clínicos e o desempenho animal ([Mehdi & Dufrasne, 2016](#)).

Considerações finais

Os minerais orgânicos representam uma estratégia nutricional relevante para sistemas de confinamento de bovinos de corte, especialmente em contextos caracterizados por elevada intensificação produtiva, maior demanda metabólica e exposição a múltiplos fatores de estresse. A literatura científica indica que a principal vantagem dessas fontes está relacionada à maior estabilidade química e ao potencial aumento da biodisponibilidade, resultante da menor interação com antagonismos ruminais e da possível utilização de rotas alternativas de absorção intestinal, quando comparadas às fontes inorgânicas tradicionais.

De forma geral, estudos experimentais, revisões narrativas e meta-análises demonstram que a substituição parcial ou total de minerais inorgânicos por fontes orgânicas pode promover melhorias modestas, porém consistentes, no ganho médio diário e na eficiência alimentar, sobretudo quando a suplementação é realizada por períodos prolongados e em animais submetidos a estresse nutricional, sanitário ou de manejo, como aqueles recém-recebidos em confinamento. Além disso, há evidências robustas de que minerais orgânicos, especialmente zinco, cobre e selênio, contribuem para a otimização do status mineral e do sistema antioxidante, favorecendo a manutenção da integridade tecidual e da resposta imunológica. Dessa forma, conclui-se que os minerais orgânicos constituem uma ferramenta nutricional tecnicamente fundamentada e potencialmente vantajosa em sistemas de confinamento de bovinos de corte.

Referências

- Arthington, J. D., & Ranches, J. (2021). Trace mineral nutrition of grazing beef cattle. *Animals*, 11(10), 2767. <https://doi.org/10.3390/ani11102767>.
- Balsalobre, M. A. A., & Ramalho, T. R. A. (2010). Suplementação mineral para bovinos de corte. In A. V Pires (Ed.), *Bovinocultura de corte: Vol. I* (1 Ed., pp. 331–350). Prol Editora Gráfica.
- Byrne, L., Hynes, M. J., Connolly, C. D., & Murphy, R. A. (2021). Influence of the chelation process on the stability of organic trace mineral supplements used in animal nutrition. *Animals*, 11(6), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ani11061730>.
- Byrne, L., & Murphy, R. A. (2022). Relative bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A review. *Animals*, 12(15), 1–46. <https://doi.org/10.3390/ani12151981>.
- Cope, C. M., MacKenzie, A. M., Wilde, D., & Sinclair, L. A. (2009). Effects of level and form of dietary zinc on dairy cow performance and health. *Journal of Dairy Science*, 92(5), 2128–2135. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1232>.
- García Díaz, T., Lúcia Teodoro, A., Camilo, I., Rojas, O., Felipe, A., Chitiva, P., Andrés, J., & Guzman, P. (2015). Metabolismo do cobre na nutrição animal: Revisão. *PUBVET*, 9(6), 279–286.
- Garg, A. K., Mudgal, V., & Dass, R. S. (2008). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 144(1–2), 82–96. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.003>.
- Gayathri, S. L., & Panda, N. (2018). Chelated minerals and its effect on animal production: A review. *Agricultural Reviews*, 39(4), 314–320. <https://doi.org/10.18805/ag.r-1823>.

- Genther-Schroeder, O. N., Branine, M. E., & Hansen, S. L. (2016). The effects of increasing supplementation of zinc-amino acid complex on growth performance, carcass characteristics, and inflammatory response of beef cattle fed ractopamine hydrochloride. *Journal of Animal Science*, 94(8). <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0209>.
- Goff, J. P. (2018). Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid–base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 2763–2813. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13112>.
- Guedes, L. F., André Júnior, J., Neves, L. F. M., Andrade, P. A. D., & Borges, I. (2018). A importância do cobre, molibdênio e enxofre na alimentação de ovinos. *Nucleus Animalium*, 10(2), 7–22.
- Lehninger, N. D. L. (2006). *Princípios de bioquímica*. São Paulo.
- Lippy, B. A., Robison, C. A., & Wilson, B. K. (2022). The effects of varying levels of trace mineral supplementation on performance, carcass characteristics, mineral balance, and antibody concentrations in feedlot cattle. *Translational Animal Science*, 6(3). <https://doi.org/10.1093/tas/txac093>.
- Matos, A. M., Duarte, V., Carvalho, V. M., Prado, R. M., Cardoso, M. A. P., Vital, A. C. P., Costa e Silva, L. F., Monteschio, J. O., Guerrero, A., & Prado, I. N. (2024). Effects of monensin only, monensin and virginiamycin combination, or monensin and a blend of organic trace mineral and yeast on meat quality of crossbred bulls finished in feedlot individual pens and fed with high-grain diets. *Food Science and Technology*, 44(e00108), 1–8. <https://doi.org/10.5327/fst.00108>.
- McKnight, M. G., Harvey, K. M., Jumper, W. I., Ranches, J., & Karisch, B. B. (2025). Trace mineral supplementation via organic or inorganic sources for beef cattle during preconditioning and feedlot receiving: A systematic review and meta-analysis. *Translational Animal Science*, 9. <https://doi.org/10.1093/tas/txaf119>.
- Mehdi, Y., & Dufrasne, I. (2016). Selenium in cattle: a review. *Molecules*, 21(4), 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/1751-0147-46-229>. [10.3390/molecules21040545](https://doi.org/10.3390/molecules21040545).
- Mion, B., van Winters, B., King, K., Spricigo, J. F. W., Ogilvie, L., Guan, L., DeVries, T. J., McBride, B. W., LeBlanc, S. J., Steele, M. A., & Ribeiro, E. S. (2022). Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in pre- and postpartum diets on feeding behavior, rumen fermentation, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(8). <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21908>.
- Mottin, C., Prado, I. N., Chefer, D. M., Eiras, C. E., & Rivaroli, D. C. (2013). Suplementação com minerais quelatados em bovinos: uma revisão. *Campo Digital: Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias*, 8(2), 59–70.
- NRC. (2000). Nutrient requirements of beef cattle: update 2000. In *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9791>
- Palomares, R. A. (2022). Trace Minerals Supplementation with Great Impact on Beef Cattle Immunity and Health. In *Animals* (Vol. 12, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/ani12202839>
- Pedreira, M. S., Berchielli, T. T., & FUNEP. (2011). Minerais. In T. T. Berchielli, A. V. Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Vol. 1, Issue 2th ed., pp. 345–368). FUNEP.
- Pugh, D. G. (1994). Trace Mineral Nutrition in Cattle. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.21423/aabppro19946220>
- Smerchek, D. T., Branine, M. E., McGill, J. L., & Hansen, S. L. (2023). Effects of supplemental Zn concentration and trace mineral source on immune function and associated biomarkers of immune status in weaned beef calves received into a feedlot. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skac428>.
- Soares, M. S., Batista, L. H. C., Oliveira, I. M., Issa, H. A. S., Cidrini, I. A., Ferreira, I. M., Costa e Silva, L. F., Koontz, A., Holder, V., & Siqueira, G. R. (2023). Effects of a blend of live yeast and organic minerals as an alternative to monensin on intake, digestibility, performance and beef quality of Nelore bulls finished on pasture with high concentrate supplementation. *Agriculture*, 13(3), 522–539. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030522>.

- Spears, J. W. (1996). Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 58(1–2), 151–163. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00881-0](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00881-0).
- Spears, J. W. (2003). Trace mineral bioavailability in ruminants. *Journal of Nutrition*, 133(5 SUPPL. 2), 1506S–1509S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1506s>.
- Spears, J. W., & Kegley, E. B. (2002). Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *Journal of Animal Science*, 80(10), 2747–2752. <https://doi.org/10.2527/2002.80102747x>.
- Spears, J. W., & Weiss, W. P. (2008). Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal*, 176(1), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.015>
- Wu, W., Yang, Y., Zhang, J., & Li, S. (2013). Reducing Dietary Cation-Anion Difference on Acid-Base Balance, Plasma Minerals Level and Anti-Oxidative Stress of Female Goats. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(9), 1620–1628. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60259-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60259-2).

Histórico do artigo:**Recebido:** 20 de dezembro de 2025**Aprovado:** 26 de janeiro de 2026**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.