



Eugenol na aquicultura: benefícios anestésicos, riscos ecotoxicológicos e desafios para a sustentabilidade ambiental

Autor(res)

Larissa Tinoco Barbosa
Carla Larissa Kovalski Dias
Amanda Carolina Borges Da Silva
Gilberto Gonçalves Facco
Rosemary Matias

Categoria do Trabalho

Pós-Graduação

Instituição

UNIVERSIDADE ANHANGUERA - UNIDERP

Introdução

O uso de anestésicos em peixes é uma prática consolidada na aquicultura e em experimentos científicos, promovendo o bem-estar animal durante procedimentos como manejo, transporte, biometria e intervenções cirúrgicas (Ribeiro et al., 2015). Entre os fármacos empregados, o eugenol, um composto fenólico natural extraído do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), tem se destacado por sua eficácia, baixo custo e fácil disponibilidade, sendo considerado uma alternativa ao anestésico sintético MS-222 (triclaína metano sulfonato), amplamente utilizado em diversos países (Bagheri et al., 2025).

Estudos apontam que o eugenol apresenta vantagens relevantes para a aquicultura, como indução rápida da anestesia, recuperação eficiente e propriedades antimicrobianas e antioxidantes, que podem contribuir para a redução do estresse fisiológico e aumento da sobrevivência dos peixes durante o manejo (Bagheri et al., 2025). Essas características tornam o composto atrativo para sistemas produtivos que buscam maior eficiência e menor uso de fármacos sintéticos.

No entanto, sua utilização requer cautela. Pesquisas toxicológicas revelam que o eugenol, dependendo da concentração e tempo de exposição, pode apresentar efeitos adversos sobre organismos não-alvo, como microcrustáceos e outros componentes da biota aquática, afetando parâmetros fisiológicos e comportamentais (Gueretz et al., 2017). Além disso, o descarte inadequado de resíduos anestésicos pode acarretar persistência ambiental, contribuindo para desequilíbrios ecotoxicológicos (Souza et al., 2019).

Dessa forma, compreender a dualidade entre benefícios e potenciais riscos do eugenol é essencial para o uso sustentável na aquicultura. A avaliação de sua persistência no ambiente aquático, toxicidade em diferentes níveis tróficos e impactos sobre organismos não-alvo representa um passo necessário para garantir que sua aplicação seja eficiente e ambientalmente segura.

Objetivo

Analisar os impactos ambientais decorrentes do uso de anestésicos na aquicultura, com ênfase no eugenol, considerando toxicidade, persistência ambiental, efeitos sobre organismos não-alvo e impactos a longo prazo nos



ecossistemas aquáticos.

Material e Métodos

Foi realizada uma análise bibliométrica das produções científicas indexadas nas bases Scopus e Science Direct, com o objetivo de compor um portfólio de estudos relacionados aos efeitos ambientais e toxicológicos do eugenol na aquicultura. A busca foi estruturada com o uso de descritores associados por lógica booleana: “eugenol”, “anestésicos em peixes”, “ecotoxicologia”, “impactos ambientais”, “aquicultura” e “organismos aquáticos”. Foram incluídos artigos originais e de revisão, sem restrição de idioma, data de publicação ou área temática, a fim de assegurar um levantamento abrangente e representativo do estado da arte.

As métricas bibliométricas foram organizadas e analisadas por meio dos softwares VOSViewer (v.1.6.15) e SciMAT (v.1.1.04), que possibilitaram a construção de mapas de coocorrência e redes de colaboração científica. Complementarmente, o Microsoft Excel 2019 foi utilizado para tabulação de dados e análise estatística descritiva, enquanto o aplicativo Rayyan QCRI auxiliou na triagem sistemática e na remoção de duplicatas.

Ao todo, foram identificados 125 artigos. O processo de seleção foi conduzido de forma independente por dois revisores, que realizaram a triagem com base em títulos, resumos e textos completos. Os critérios de inclusão priorizaram estudos que apresentassem evidências de toxicidade do eugenol em organismos aquáticos, sua persistência no ambiente e os riscos potenciais associados à sua aplicação na aquicultura. Essa abordagem metodológica permitiu sintetizar informações relevantes sobre os benefícios e limitações do uso do composto, fornecendo subsídios para a compreensão de sua aplicabilidade e de seus possíveis impactos ambientais.

Resultados e Discussão

Dos 125 artigos analisados, apenas quatro investigaram diretamente os efeitos do eugenol na aquicultura, representando 3,2% da amostra total. Apesar da baixa proporção, os trabalhos encontrados ressaltam a relevância crescente desse composto na prática aquícola, tanto pelos benefícios como pelas potenciais limitações.

Bagheri et al. (2025) destacam que o eugenol, derivado do cravo-da-índia, é amplamente utilizado devido à sua rápida indução anestésica, baixo custo e propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Tais atributos o tornam uma alternativa eficiente ao anestésico sintético MS-222, frequentemente empregado em sistemas produtivos. Estudos complementares confirmam sua eficácia em diferentes espécies. He et al. (2020) observaram bons resultados em robalo-pintado (*Lateolabrax maculatus*), enquanto Ribeiro et al. (2015) verificaram sua aplicabilidade nos estágios iniciais da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Da mesma forma, Pattanassiri, Taparhudee e Suppakul (2017) comprovaram efeitos anestésicos seguros em *Bettasplendens*, e Supriyono et al. (2025) evidenciaram a capacidade do eugenol de mitigar alterações bioquímicas e histopatológicas durante o transporte de juvenis de camarão de água doce.

Entretanto, a toxicidade associada ao uso do composto é um aspecto que requer atenção. Gueretz et al. (2017) observaram que, em bioensaios, concentrações elevadas de eugenol podem causar alterações fisiológicas significativas em organismos não-alvo. Resultados semelhantes foram descritos por Santos et al. (2016) em *Mollienesia sp.*, evidenciando risco ambiental em função do acúmulo do anestésico nos corpos d'água. Comparações com outros compostos reforçam esse ponto: Yousefi et al. (2018) concluíram que o eugenol apresenta maior impacto ambiental que o timol, e Zahran et al. (2021) verificaram diferenças nos efeitos fisiológicos quando comparado ao propofol, ressaltando a importância de dosagens adequadas e protocolos específicos.

Além da toxicidade direta, há preocupação com a persistência ambiental e a presença de resíduos. Lin et al. (2025) demonstraram resíduos de anestésicos em peixes cultivados na China entre 2021 e 2023, apontando riscos



potenciais à saúde humana e à qualidade do pescado. Kolygas et al. (2025) reforçam que, embora fitoquímicos como o eugenol tenham potencial para melhorar o desempenho e prevenir doenças em aquicultura, seu uso indiscriminado pode acarretar desafios regulatórios e ambientais.

O contexto dos óleos essenciais como agentes redutores de estresse também deve ser considerado. Souza et al. (2019) apontam que, embora apresentem propriedades benéficas ao bem-estar animal, sua aplicação contínua pode comprometer a qualidade da água e afetar a biota aquática. Dessa forma, o uso do eugenol não deve ser visto como isento de riscos, mesmo sendo uma substância de origem natural e biodegradável.

Os resultados desta análise demonstram que o uso contínuo e o descarte inadequado do eugenol na aquicultura podem gerar efeitos ecotoxicológicos cumulativos e persistentes, capazes de afetar organismos não-alvo e alterar comunidades aquáticas. Torna-se, portanto, necessária a implementação de controles ambientais mais rigorosos, regulamentações específicas e estratégias de mitigação, de forma a equilibrar os benefícios produtivos e sanitários do composto com a preservação da qualidade ambiental.

Conclusão

Os resultados demonstram que, apesar do número reduzido de estudos, o eugenol possui grande relevância para a aquicultura, destacando-se pela eficácia anestésica, baixo custo e propriedades antimicrobianas. Contudo, seus potenciais riscos incluem toxicidade para organismos não-alvo, acúmulo ambiental e resíduos em peixes. Assim, seu uso deve ser orientado por protocolos rigorosos, estratégias adequadas de descarte e regulamentações específicas, aliadas a pesquisas sobre ecotoxicidade, assegurando eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental.

Agências de Fomento

FUNDECT-Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul

CAPES-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

FUNADESP-Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular

CNPq-Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Referências

BAGHERI, S. et al. Uses of Eugenol in Aquaculture: Benefits and Applications—A Review. *Ann. Anim. Sc.*, v. 25, n. 3, p. 945-953, 2025.

GUERETZ, J. S. et al. Evaluation of eugenol toxicity in bioassays with test-organisms. *Ciência Rural*, v. 47, n. 12, p. e20170194, 2017.

HE, Ruipeng et al. Eficácia do eugenol como anestésico para robalo-pintado adulto (*Lateolabrax maculatus*). *Aquaculture*, v. 523, p. 735-180, 2020.

KOLYGAS, M. N. et al. Fitoquímicos: Óleos Essenciais e Outros Extratos para Prevenção de Doenças e Melhoria do Crescimento em Aquicultura: Desafios e Oportunidades. *Animals*, v. 15, n. 18, p. 2653, 2025.



LIN, S. et al. Residues and health risk assessment of anesthetic in fish in Fujian Province of China from 2021 to 2023. *Food Control*, p. 111387, 2025.

PATTANASIRI, T.; TAPARHUDEE, W.; SUPPAKUL, P. Acute toxicity and anaesthetic effect of clove oil and eugenol on Siamese fighting fish, *Betta splendens*. *Aquac. Int.*, v. 25, n. 1, p. 163-175, 2017.

SUPRIYONO, E. et al. The effectiveness of eugenol in mitigating water quality, biochemical, and histopathological alterations during transportation of giant freshwater prawn juveniles. *Iraqi J. Vet. Sci.*, v. 39, n. 2, p. 261-270, 2025.

RIBEIRO, P.A.P. et al. Efficiency of eugenol as anesthetic for the early life stages of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *An. Acad. Bras. Ciênc.*, v. 87, n. 01, p. 529-535, 2015.

SOUZA, C F. et al. Essential oils as stress-reducing agents for fish aquaculture: A review. *Front. Physiol.*, v. 10, p. 785, 2019.

YOUSEFI, M. et al. Thymol as a new anesthetic in common carp (*Cyprinus carpio*): Efficacy and physiological effects in comparison with eugenol. *Aquaculture*, v. 495, 376–383, 2018.

ZAHARAN, E.; RISHA, E.; RIZK, A. Comparison propofol and eugenol anesthetics efficacy and effects on general health in Nile Tilapia. *Aquaculture*, v. 534, p. 736251, 2021.