ISSN:2594-6153

Microplásticos em compartimentos ambientais: uma revisão das abordagens tecnológicas modernas no Brasil

Bruno Iartelli Silva, Adriane Cláudia Moreira Novaes, Edson Henrique de Carvalho, Piter Gil dos Santos, Tamara Karina da Silva, Paloma Kachel Gusso-Choueri, Luis Felipe de Almeida Duarte

Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil

E-mail: bruno.iartelli@gmail.com

Resumo: Com o avanço da poluição plástica e os impactos cada vez mais evidentes dos microplásticos (< 5 mm) em diferentes compartimentos ambientais, esta revisão sistemática teve como objetivo sintetizar e avaliar as principais tecnologias abordadas no Brasil (2023–2025) para sua redução e remoção. A busca no Portal de Periódicos da CAPES seguiu a metodologia PRISMA com critérios de inclusão e exclusão pré-definidos. No total, foram investigados 69 artigos, dos quais apenas 02 atenderam aos critérios de seleção, ambos voltados à aplicação de biotecnologias em ecossistemas aquáticos. Os resultados evidenciam uma lacuna científica nacional quanto à ausência, nos últimos dois anos, de estudos sobre a redução e remoção de microplásticos em outros compartimentos ambientais, incluindo o ser humano.

Palavras-chave: Microplásticos; Poluição Ambiental; Remoção; Redução; Tecnologia.

Microplastics in environmental compartments: a review of modern technological approaches in Brazil

Abstract: With the advancement of plastic pollution and the increasingly evident impacts of microplastics (< 5 mm) in different environmental compartments, this systematic review aimed to synthesize and evaluate the main technologies addressed in Brazil (2023–2025) for their reduction and removal. The search in the CAPES Periodicals Portal followed the PRISMA methodology with predefined inclusion and exclusion criteria. In total, 69 articles were investigated, of which only 2 met the selection criteria, both focused on the application of biotechnologies in aquatic ecosystems. The results highlight a national scientific gap regarding the absence, in the past two years, of studies on the reduction and removal of microplastics in other environmental compartments, including the human body.

Keywords: Microplastics; Environmental Pollution; Removal; Reduction; Technology.

Introdução

A crescente produção e o uso massivo de produtos à base de plástico, especialmente em aplicações de curta duração, têm gerado preocupações sobre a formação de microplásticos (MP) e seus impactos em diferentes compartimentos ambientais [1], devido à vasta disseminação desses materiais poliméricos no meio ambiente. Os MP são partículas com menos de 5 mm de

diâmetro, originadas da fragmentação de resíduos maiores ou produzidas intencionalmente para uso industrial [2].

Devido à sua durabilidade e ocorrência ubíqua em ecossistemas aquáticos e terrestres, os MP são considerados poluentes emergentes, pseudopersistentes e onipresentes [3]. Nesses ecossistemas, podem ser bioacumulados e atuar como vetores de patógenos e poluentes, como metais pesados e compostos orgânicos adsorvidos em sua superfície. Acarretando efeitos adversos nos organismos [4] e aumentando o risco de biomagnificação de toxinas na cadeia alimentar, com potenciais riscos à fauna e à saúde humana [3]. No ser humano, a principal via de entrada dos MP e nanoplásticos (< 1 μm) é a alimentação, seguida pelo contato com a pele e a inalação [5,6].

Objetivos

O presente estudo tem como objetivo sintetizar e analisar criticamente as principais tecnologias abordadas no Brasil para a redução e remoção de MP de diferentes compartimentos ambientais. Parte-se da hipótese de que essas tecnologias estão descentralizadas, com a matriz água e os organismos aquáticos como os compartimentos ambientais mais avaliados.

Material e Métodos

A seguinte questão norteou a pesquisa: Qual(is) a(s) tecnologia(s) mais recentes utilizadas para redução e remoção de microplásticos em compartimentos ambientais? Para formulá-la, utilizou-se a estratégia PICO [7]: Paciente ou problema (P) – disponibilidade dos Microplásticos; Intervenção (I) – tecnologias para a redução e remoção; Comparação (C) – não aplicável; e "*Outcomes*" desfecho (O) – avanço nos sistemas de tratamento de efluentes, de poluição atmosférica e produção industrial.

Foram consideradas as diretrizes do Ministério da Saúde para revisões sistemáticas [8]: 1) revisão da literatura; 2) formulação da pergunta de pesquisa no formato PICO; 3) definição dos critérios de elegibilidade e de busca; 4) seleção dos estudos; 5) extração de dados; e 6) Síntese de resultados. Seguindo a recomendação PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Metanálises), aplicaram-se os 27 itens do *checklist* para contribuir na qualidade da revisão e análise crítica dos resultados, além do fluxograma de quatro etapas [9].

A busca dos artigos foi realizada no "Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)" em março/2025, utilizando as seguinte palavras-chaves e o operador booleano *"AND"*: *Microplastics "AND" Technologies*.

Os seguintes filtros disponíveis na plataforma foram aplicados: (I) qualquer campo; (II) contém; (III) tipo de material – artigo; (IV) tipo de recurso – artigo; (V) ano de criação – 2023 até 2025; (VI) produção nacional – sim; (VII) revisão por pares – sim; (VIII) áreas – multidisciplinar; (IX) idioma – inglês; (X) editores – todos os periódicos.

Foram selecionados estudos que (critérios de inclusão): A) abordassem a redução de microplásticos nos compartimentos: ecossistemas aquáticos e terrestres; e saúde humana; B) direcionados para resolutivas das problemáticas redução ou remoção e C) abordassem tecnologias eficazes. Como critério de exclusão: A) Técnicas para remoção de nanoplásticos.

As buscas foram realizadas por cinco examinadores independentes, inicialmente de forma "cega", em três etapas: análise de título e resumo (1ª seleção), leitura integral (2ª seleção) e aplicação dos critérios de inclusão/exclusão (3ª seleção). Após a consolidação das seleções, os artigos finais foram definidos e os principais resultados sintetizados.

Resultados e Discussão

No total foram investigados 69 artigos. Desses, 61 foram excluídos na 1ª seleção, devido à incompatibilidade com o tema, com base no título e resumo. Restaram 08 artigos para leitura na íntegra e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão (2ª e 3ª seleções). Após essas fases, 06 artigos foram excluídos com base nos critérios de inclusão e exclusão. Assim, foram incluídos na revisão 02 artigos (Figura 1).

A maioria dos estudos excluídos investigava a ocorrência de microplásticos em diferentes compartimentos ambientais ou sugeria alternativas para mitigar o problema na fonte geradora, sem avaliar tecnologias voltadas ao tratamento de compartimentos contaminados. Por outro lado, os artigos que foram selecionados na revisão exploraram a biorremediação de partículas de MP em ambientes aquáticos (água doce e salina), investigando diferentes organismos capazes de reduzir ou remover essas partículas.

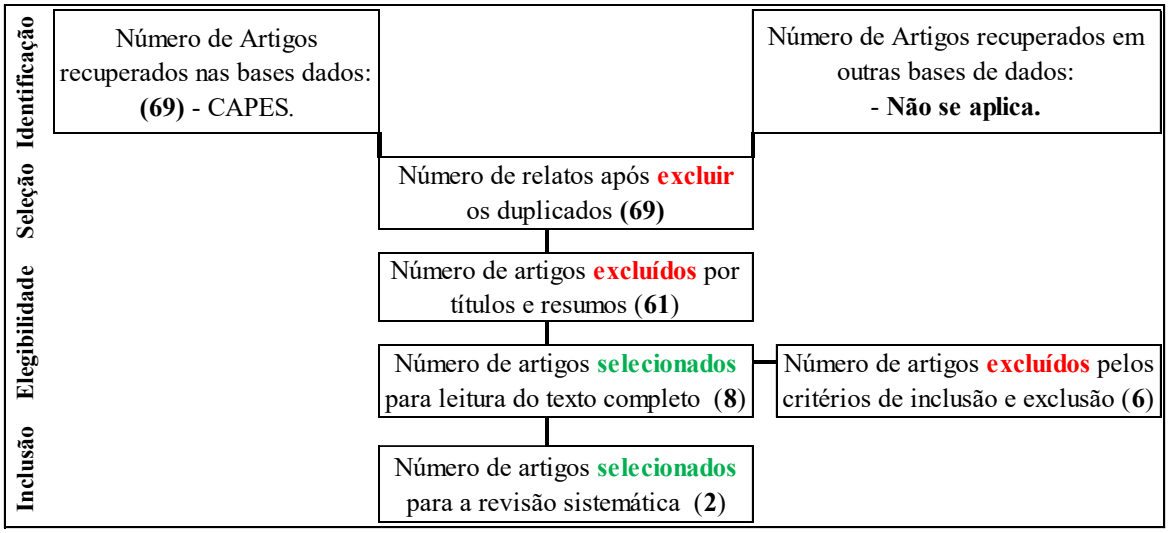


Figura 1. Fluxograma de seleção de artigos, baseado na recomendação PRISMA.

As principais informações dos artigos selecionados estão sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais informações dos artigos selecionados.

Publicação analisada	Compartimento ambiental	Tecnologia utilizada	Limitações da tecnologia
Queiroz et al. (2024).	Ambientes de água doce.	Biofragmentação de microplásticos (poliestireno) com larvas de *Chironomus sancticaroli* (macro invertebrados de água doce).	- Estudo realizado em laboratório, sem testes em condições reais (*in loco*). - A exposição ao contaminante resultou em mortalidade e estresse oxidativo nos indivíduos expostos, além da bioacumulação. - Necessidade de estudos adicionais, incluindo análise da viabilidade econômica.
Fraissinet et al. (2024).	Ambientes marinhos.	Biofiltro com organismos incrustantes: *Mytilus galloprovincialis, Sabella spallanzanii, Phallusia mammillata* e *Paraleucilla magna* (multiespécies típicas de ambientes marinhos - comunidade *fouling*).	- Estudo realizado em laboratório, sem testes em condições reais (*in loco*). - Especificidade das espécies avaliadas. - Necessidade de estudos adicionais, incluindo análise da viabilidade econômica.

O estudo de Queiroz et al. (2024) [10] investigou a biofragmentação de MP (poliestireno) por larvas de *Chironomus sancticaroli* em ambientes controlados de água doce, com diferentes concentrações de microesferas de poliestireno. As larvas reduziram significativamente o diâmetro das partículas, causando desgaste e danos superficiais que aceleraram sua degradação. Contudo, a biofragmentação, associada a fatores abióticos, pode potencializar o potencial tóxico dos MP, aumentando a adsorção de contaminantes. Os resultados obtidos em Queiroz et al. (2024) [10] evidenciam que macroinvertebrados podem

desempenhar função relevante na degradação de MP em sedimentos de água doce, embora sofram impactos dessa poluição, como mortalidade, estresse oxidativo e bioacumulação.

Já no estudo de Fraissinet et al. (2024) [11], foi avaliado em laboratório o potencial de biorremediação para remoção MP da coluna d'água utilizando organismos incrustantes/filtradores (*M. galloprovincialis, S. spallanzanii, P. mammillata* e *P. magna*), em abordagem multiespécies. O método removeu 88% dos MP da água, com destaque para *P. mammillata*, superando testes com espécies isoladas. O estudo sugere que a comunidade *fouling* pode gerar grandes biomassa, que pode ser comercializada, além de atuar como um biofiltro natural. O organismo *S. spallanzanii* foi indicado como o melhor candidato à biorremediação de MP no ambiente marinho [11].

Ambos os estudos selecionados na presente revisão sistemática apresentaram biotecnologias inovadoras para mitigar a contaminação por MP em ambientes aquáticos, porém demandam de pesquisas adicionais para validar sua viabilidade e eficácia em condições naturais (*in loco*), bem como para avaliar seus impactos ambientais e socioeconômicos a curto, médio e longo prazo. Além disso, a dependência de espécies específicas pode limitar a aplicação de biotecnologias em diferentes ecossistemas e regiões.

Conclusões

Os resultados refutaram parcialmente a hipótese inicial de que as tecnologias mais recentes para redução e remoção de MP em compartimentos ambientais estão descentralizadas, uma vez que ambos os estudos selecionados focaram em ecossistemas aquáticos, com ênfase na matriz água e em organismos aquáticos. Isso ressalta a relevância das biotecnologias para o tratamento de ambientes aquáticos contaminados por MP, apesar de suas limitações, e evidencia uma lacuna científica nacional, pois o tratamento de outros compartimentos contaminados, incluindo o ser humano, não foi abordado nos últimos dois anos (período avaliado).

Agradecimentos: O autor Bruno Iartelli Silva gostaria de agradecer o apoio dado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

1. Morreale M, La Mantia FP. Current concerns about microplastics and nanoplastics: a brief overview. Polymers (Basel), [s. l.], v. 16, n. 11, p. 1525, 29 maio 2024.
2. GESAMP. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-

IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p. 2015.

3. Bora SS, Gogoi R, Sharma MR, Anshu, Borah MP, Deka P, Bora J, Naorem RS, Das J, Teli AB. Microplastics and human health: unveiling the gut microbiome disruption and chronic disease risks. Front. Cell. Infect. Microbiol. 2024.
4. Dar MA, Palsania P, Satya S, Dashora M, Bhat OA, Parveen S, Patidar SK, Kaushik G. Microplastic pollution: A global perspective in surface waters, microbial degradation, and corresponding mechanism. Marine Pollution Bulletin, Volume 210, 2025, 117344, ISSN 0025-326X.
5. Santillo D, Miller K, Johnston P. Microplastics as contaminants in commercially important seafood species. Integr Environ Assess Manag. 2017;13(3):516-521.
6. Prata JC, Costa JP, Lopes I, Duarte AC, Santos TR. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. Science of the total environment, 702, 2020, 134455, ISSN 0048-9697.
7. Santos CMC, Pimenta CAM, Nobre MRC. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. Rev Latino-am Enfermagem, v.15, n.3, 2007.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Diretrizes metodológicas: elaboração de revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados. [recurso eletrônico] / Brasília : Ministério da Saúde, 2021. 93 p. : il.
9. Galvão TF, Pansani TDSA, Harrad D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. Epidemiologia e serviços de saúde. v. 24, n. 2, p. 335–42, 2015.
10. Queiroz LG, Prado CCA, Melo EC, Moraes BR, de Oliveira PFM, Ando RA, Paiva TCB, Pompêo M, Rani-Borges B. Biofragmentation of Polystyrene Microplastics: A Silent Process Performed by *Chironomus sancticaroli* Larvae. Environ Sci Technol. v.10, n.58, p. 4510-4521. 2024.
11. Fraissinet S, Arduini D, Martines A, De Benedetto GE, Malitesta C, Giangrande A, Rossi S. Microplastics Uptake by Four Filter Feeders. J. Mar. Sci. Eng. 2024, 12, 1000.