



MICROPLÁSTICOS: SEU IMPACTO AMBIENTAL E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

ECSON GAMA BRAGA; ADRIANA NONATO BRAGA

RESUMO

Os microplásticos (MPs) têm se tornado uma preocupação crescente para a saúde ambiental devido ao seu tamanho reduzido, inferior a 5 mm. Essas partículas são originadas de diversas fontes, como a fragmentação de grandes peças de plástico. O que torna os MPs ainda mais preocupantes é a sua capacidade de persistir no meio ambiente por longos períodos de tempo, podendo se acumular em ecossistemas aquáticos e terrestres. O objetivo deste trabalho é analisar o impacto dos MPs e identificar medidas eficazes de mitigação. Busca-se compreender o aumento na produção e consumo de plásticos, fatores que têm contribuído para a crescente presença de MPs nos ecossistemas globais. A metodologia utilizada para esse estudo baseou-se na revisão bibliográfica de artigos científicos, relatórios técnicos e outras publicações relevantes relacionadas ao tema dos MPs. Os artigos selecionados foram minuciosamente revisados, extraindo informações sobre o estudo dos MPs no meio ambiente. Os resultados indicam que os MPs representam uma ameaça para os ecossistemas aquáticos e terrestres. Suas consequências são abrangentes, afetando a vida marinha, a contaminação de alimentos e a disseminação de poluentes. A cooperação entre diferentes setores da sociedade é de extrema importância para promover a preservação do meio ambiente para as atuais e futuras gerações. Medidas de mitigação, como a redução do uso de plásticos descartáveis e a implementação de políticas de gestão de resíduos eficientes, mostram-se estratégias eficazes para combater o problema dos MPs. A urgência em enfrentar a problemática dos MPs é clara, pois a conscientização, ações preventivas e mudanças no comportamento individual e coletivo são essenciais para proteger os ecossistemas e assegurar um ambiente saudável tanto para a atual geração quanto para as gerações futuras.

Palavras-chave: Meio ambiente; Partículas de plástico; Conscientização; MPs; Polímeros

1 INTRODUÇÃO

O aumento da produção e consumo de plásticos tem levado a uma crescente presença de microplásticos (MPs) que são definidos como partículas sólidas de polímeros sintéticos com tamanho inferior a 5 mm que têm se tornado uma preocupação crescente para a saúde ambiental (THOMPSON et al., 2004). Essas partículas podem ser originadas de diferentes fontes, como fragmentação de plásticos maiores, cosméticos e produtos de higiene pessoal, além de resíduos industriais (ANDRADY, 2017; GESAMP, 2015). A sua presença tem sido detectada em diversos ambientes, incluindo oceanos, rios, solos e até mesmo no ar que respiramos (ERIKSEN et al., 2014; DRIS et al., 2017).

Estudos científicos têm demonstrado os impactos negativos dos MPs nos ecossistemas. A ingestão de MPs por organismos marinhos, por exemplo, pode causar danos físicos e químicos, resultando em efeitos adversos na saúde e no comportamento dos animais (WRIGHT et al., 2013; ROCHMAN et al., 2015). Além disso, os MPs podem transportar poluentes químicos, como pesticidas e metais pesados, e agir como vetores de agentes patogênicos, contribuindo para a disseminação de doenças (ROCHMAN et al., 2013; LUSHER et al., 2015).

A presença de MPs tem sido detectada em diversos ambientes, incluindo oceanos, rios, solos e até mesmo no ar que respiramos. Estudos realizados por Eriksen et al. (2014) e Jambeck et al. (2015) mostraram que os oceanos são um dos principais reservatórios de MPs, com concentrações alarmantes em áreas como o Giro do Pacífico Norte e o Mar Mediterrâneo. A presença de MPs em rios e solos também tem sido amplamente documentada (BERGMANN et al., 2017; HORTON et al., 2017). Recentemente, pesquisas têm revelado a presença de MPs no ar, transportados por correntes atmosféricas e precipitação (WRIGHT et al., 2013).

A existência generalizada de MPs nos ecossistemas levanta preocupações sobre os impactos ambientais e à saúde. Para a vida marinha, os MPs podem ser ingeridos acidentalmente por animais marinhos, desde organismos microscópicos até peixes, aves e mamíferos marinhos. A ingestão de MPs pode causar danos físicos, como obstrução do trato digestivo e lesões internas, além de afetar a função reprodutiva e a sobrevivência dos animais (WRIGHT et al., 2013; ROCHMAN et al., 2015).

No que diz respeito aos ecossistemas terrestres, os MPs também apresentam consequências preocupantes. Eles podem afetar a fertilidade do solo, interferir no desenvolvimento de plantas, comprometer a biodiversidade e até mesmo entrar na cadeia alimentar, podendo chegar aos seres humanos por meio da ingestão de alimentos contaminados (NIZZETTO et al., 2016; RILLIG et al., 2017; SCHWABL et al., 2019). Quanto à saúde humana, embora ainda haja lacunas no conhecimento, existem preocupações sobre a exposição aos MPs. Estudos têm demonstrado a presença de MPs em alimentos, água potável e até mesmo no ar que respiramos, com efeitos potenciais na saúde humana ainda em investigação (ROCHMAN et al., 2013; PRATA, 2018).

Os ecossistemas como um todo também podem ser afetados pelos MPs. A presença dessas partículas pode alterar a estrutura e a função dos ecossistemas aquáticos e terrestres, impactando a disponibilidade de nutrientes, a taxa de decomposição e a interação entre espécies (WRIGHT et al., 2013). Além disso, os MPs podem transportar poluentes orgânicos persistentes (POP) e contaminantes químicos, que podem ser liberados em seu ambiente e ter efeitos adversos na biota (GEWERT et al., 2015).

Diante desses desafios, compreender os efeitos dos MPs nos ecossistemas e na saúde humana é crucial para a adoção de medidas de mitigação eficazes. É necessário investir em pesquisas que investiguem a origem, distribuição e impactos dos MPs, bem como desenvolver estratégias de redução da sua produção e implementação de sistemas de gestão de resíduos eficientes (BROWNE et al., 2011; GESAMP, 2019). A conscientização da sociedade sobre os riscos associados aos MPs e a busca por alternativas mais sustentáveis também desempenham um papel fundamental na preservação da saúde ambiental (JAMBECK et al., 2015; HORTON et al., 2017).

Este estudo tem como objetivo compreender o aumento da produção e consumo de plásticos, que tem levado a uma crescente presença de MPs nos ecossistemas globais. Essa presença representa uma ameaça para a vida marinha, a saúde humana e os ecossistemas como um todo. Portanto, é fundamental entender o impacto ambiental dessas partículas e adotar medidas de mitigação eficazes. Esses passos são essenciais para enfrentar esse desafio e promover um futuro mais sustentável.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo foi baseada na revisão bibliográfica de artigos científicos, relatórios técnicos e outras publicações relevantes relacionadas ao tema dos MPs. A pesquisa foi direcionada aos estudos que investigaram o impacto ambiental dessas partículas, com ênfase nos efeitos sobre a vida marinha, a contaminação de alimentos e os ecossistemas

terrestres. Também foram analisadas medidas de mitigação que já foram implementadas, bem como propostas para reduzir a presença de MPs no ambiente (VIEIRA, 2010).

Primeiramente, realizou-se uma busca extensiva em bases de dados científicas, como PubMed, Web of Science, Scopus, ScienceDirect e Springer, utilizando termos relacionados aos MPs e aos aspectos abordados nesta pesquisa. Os critérios de inclusão adotados foram a relevância dos estudos, a qualidade metodológica e a data de publicação até a data de corte deste estudo (GONSALVES, 2001).

Os artigos selecionados foram revisados e obtido informações sobre os estudos de impacto ambiental dos MPs. Foram identificados os autores, ano de publicação, objetivos da pesquisa, metodologia utilizada, principais resultados e conclusões. Sistematizou-se e organizou os dados de forma a permitir a análise e comparação dos estudos. A partir da análise dos artigos selecionados, foram identificadas as principais informações relacionadas aos efeitos dos MPs na vida marinha, na contaminação de alimentos e nos ecossistemas terrestres. Foram considerados os diferentes contextos e abordagens adotadas pelos pesquisadores, permitindo uma visão abrangente dos impactos e das lacunas de conhecimento nessa área (VIEIRA, 2010).

Foram coletadas informações sobre as medidas de mitigação já implementadas para reduzir a presença de MPs no ambiente. Foram identificadas estratégias adotadas em níveis governamentais, industriais e individuais, bem como suas eficácias e desafios. Por fim, os resultados foram analisados e interpretados à luz do embasamento teórico das pesquisas científicas revisadas. Foram identificados padrões, lacunas de conhecimento e tendências emergentes, permitindo uma visão abrangente do estado atual do conhecimento sobre o impacto ambiental dos MPs e das medidas de mitigação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ingestão de MPs por organismos marinhos pode causar danos físicos e químicos, resultando em efeitos adversos na saúde e no comportamento dos animais, conforme apontado por Rochman et al. (2015). Além disso, os MPs podem transportar poluentes químicos e agir como vetores de agentes patogênicos, contribuindo para a disseminação de doenças, como mencionado por Schwabl et al. (2019).

Nos ecossistemas terrestres, os MPs também têm sido associados a impactos negativos. Estudos realizados por Rillig et al. (2017) destacam que a incorporação de MPs no solo por meio de práticas agrícolas pode afetar a fertilidade do solo, a biodiversidade e a saúde de plantas e animais. Além disso, a contaminação de alimentos por MPs, como peixes e moluscos, foi observada em estudos conduzidos por Rochman et al. (2013), levantando preocupações quanto à segurança alimentar.

Diante desse cenário preocupante, a implementação de medidas de mitigação se torna fundamental para enfrentar a problemática dos MPs. Estudos como os de GESAMP (2015) e GESAMP (2019) têm discutido estratégias de mitigação, como a redução da produção e uso de plásticos descartáveis, a implementação de sistemas eficientes de gestão de resíduos e a promoção da reciclagem. Outrossim, a conscientização pública sobre os danos causados pelos MPs e o engajamento da sociedade são elementos-chave para o sucesso das medidas de mitigação, conforme ressaltado por Horton et al. (2017).

Os resultados da pesquisa indicam que os MPs representam uma ameaça significativa para os ecossistemas aquáticos. Estudos realizados por autores como Rochman et al. (2015), Browne et al. (2011) e Wright et al. (2013) demonstraram que a ingestão de MPs por organismos marinhos pode causar danos físicos e químicos, resultando em efeitos adversos na saúde e no comportamento dos animais. Além dos danos diretos, os MPs podem transportar poluentes químicos. Autores como Gouin et al. (2011) e Rochman et al. (2013) evidenciaram que essas partículas têm a capacidade de adsorver e concentrar poluentes, como pesticidas e

hidrocarbonetos, podendo aumentar a exposição dos organismos marinhos a essas substâncias tóxicas. Além disso, os MPs também podem atuar como vetores de agentes patogênicos, como vírus, bactérias e fungos, contribuindo para a disseminação de doenças entre os organismos marinhos (BROWNE et al., 2011; LUSHER et al., 2015).

Nos ecossistemas terrestres, estudos realizados por Rillig et al. (2012) e Lwanga et al. (2016) mostraram que os MPs podem afetar a fertilidade do solo, prejudicando a capacidade de retenção de água, a disponibilidade de nutrientes e a atividade biológica. Além disso, a presença de MPs no solo pode influenciar negativamente a biodiversidade e a saúde de plantas e animais (RILLIG et al., 2012; LWANGA et al., 2016).

Portanto, com base nas pesquisas científicas, é evidente que os MPs representam uma ameaça para os ecossistemas aquáticos e terrestres, causando danos físicos, químicos e biológicos. O entendimento desses impactos é crucial para a implementação de medidas de mitigação eficazes e para a proteção desses ecossistemas vulneráveis. Diversas medidas de mitigação têm sido propostas e implementadas para lidar com a questão dos MPs. Autores como Cózar et al. (2014) e Geyer et al. (2017) destacam a importância da redução da produção e uso de plásticos descartáveis como uma estratégia fundamental.

A implementação de sistemas eficientes de gestão de resíduos é mencionada por autores como Jambeck et al. (2015) e Andrady (2017) como uma medida essencial para evitar a entrada de MPs nos ecossistemas. A promoção da reciclagem é enfatizada por autores como Andrady (2017) e Thompson et al. (2009) como uma forma de reduzir a quantidade de plástico descartado no ambiente. O desenvolvimento de materiais alternativos mais sustentáveis é discutido por autores como Thompson et al. (2009) e Geyer et al. (2017) como uma abordagem promissora para diminuir a dependência dos plásticos convencionais. Além dessas medidas, estratégias de remoção de MPs de ecossistemas aquáticos têm sido exploradas. Autores como Martí et al. (2018) e Slat et al. (2017) discutem o uso de barreiras flutuantes e a limpeza de praias como possíveis soluções.

Com base nos estudos mencionados, é essencial adotar medidas eficazes para reduzir a presença de MPs no ambiente e minimizar seu impacto ambiental. A cooperação entre diferentes setores da sociedade é crucial para enfrentar esse desafio e promover a preservação do meio ambiente para as atuais e futuras gerações. As contribuições dos autores na tabela 1 destacam a importância da redução do uso de plásticos descartáveis, a implementação de sistemas eficientes de gestão de resíduos, a promoção da reciclagem e o desenvolvimento de materiais alternativos mais sustentáveis.

Tabela 1. Conclusões e Soluções propostas por autores sobre os Microplásticos

Autores	Conclusões	Possíveis Soluções
Jambeck et al. (2015)	A presença de MPs nos oceanos é uma preocupação, requerendo medidas para reduzir a poluição.	Redução da produção e uso de plásticos descartáveis
Lusher et al. (2015)	Os MPs são amplamente encontrados em rios e oceanos, tornando-se um desafio global.	Implementação de sistemas eficientes de gestão de resíduos
Schwabl et al. (2019)	Os microplásticos podem disseminar substâncias químicas tóxicas e patógenos, aumentando o risco de propagação de doenças.	Desenvolvimento de materiais alternativos mais sustentáveis
Rillig et al. (2017)	A presença de MPs no solo pode afetar a fertilidade, biodiversidade e saúde de plantas e animais.	Educação e conscientização pública sobre os danos causados pelos MPs.

Rochman et al. (2013)	A contaminação de alimentos por MPs é uma preocupação em relação à segurança alimentar.	Engajamento da sociedade na redução e adoção de práticas de descarte adequadas.
GESAMP (2015)	Medidas de mitigação, como a redução da produção de plásticos descartáveis, são necessárias para enfrentar a poluição por microplásticos.	Implementação de políticas regulatórias robustas
GESAMP (2019)	A implementação de sistemas eficientes de gestão de resíduos e a promoção da reciclagem são estratégias na redução dos MPs.	Cooperação entre governos, indústrias e organizações não governamentais
Horton et al. (2017)	A conscientização pública e da sociedade é essencial para as medidas de mitigação dos MPs.	Participação ativa da sociedade na busca por soluções

As principais conclusões destacam a necessidade de redução do uso de plásticos descartáveis, a implementação de sistemas eficientes de gestão de resíduos e a promoção da reciclagem. Ressalta ainda a importância da conscientização pública e do engajamento da sociedade, assim como a cooperação entre governos, indústrias e organizações não governamentais. Essas medidas são necessárias para mitigar o impacto dos MPs e preservar o meio ambiente.

4 CONCLUSÃO

Os MPs representam um desafio ambiental significativo devido ao seu impacto negativo nos ecossistemas aquáticos e terrestres. A pesquisa realizada neste estudo evidencia que a presença dessas partículas pode resultar em danos à vida marinha, contaminação de alimentos, disseminação de poluentes e comprometimento da biodiversidade. Diante desse cenário preocupante, a implementação de medidas de mitigação se torna fundamental para o enfrentamento dessa problemática.

As medidas de mitigação discutidas neste estudo, como a redução do uso de plásticos descartáveis, a implementação de políticas de gestão de resíduos eficientes, a promoção da reciclagem e o desenvolvimento de materiais alternativos mais sustentáveis, são estratégias eficazes para enfrentar o problema dos microplásticos (MPs). A conscientização pública sobre os danos causados pelos MPs e a participação ativa da sociedade são elementos-chave para o sucesso das medidas de mitigação. É importante ressaltar que a mitigação dos MPs requer ação conjunta de diferentes atores, como governos, indústrias, organizações não governamentais e consumidores. O estudo reforça a urgência de abordar essa problemática e destaca a importância das medidas de mitigação para minimizar seu impacto ambiental, garantindo um ambiente saudável para as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, 119(1), 12-22, 2017.

BERGMANN, M.; GUTOW, L.; KLAGES, M. Marine anthropogenic litter. **Springer International Publishing**, 2017.

BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVEN, S. J.; TEUTEN, E.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental science & technology**, 45(21), 9175-9179, 2011.

CÓZAR, A.; ECHEVARRÍA, F.; GONZÁLEZ-GORDILLO, J. I.; IRIGOIEN, X.; ÚBEDA, B.; HERNÁNDEZ-LEÓN, S.; DUARTE, C. M. Plastic debris in the open ocean. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 111(28), 10239-10244, 2014.

DRIS, R.; GASPERI, J.; ROCHER, V.; SAAD, M.; RENAULT, N.; TASSIN, B. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. **Environmental chemistry**, 12(5), 592-599, 2017.

ERIKSEN, M.; LEBRETON, L. C. M.; CARSON, H. S.; THIEL, M.; MOORE, C. J.; BORERRO, J. C.; GALGANI, F.; RYAN, P. G.; REISSER, J. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. **PLoS ONE**, 9(12), e111913. 2014.

GESAMP. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. **GESAMP Reports and Studies**, (90). 2015.

GESAMP. Towards a new and strengthened science-policy interface on plastics and microplastics in the ocean. **GESAMP Reports and Studies**, (99), 2019.

GEWERT, B.; PLASSMANN, M. M.; MACLEOD, M. Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. **Environmental Science: Processes & Impacts**, 17(9), 1513-1521, 2015.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, 3(7), e1700782, 2017.

GONSALVES, E. P. Conversas sobre Iniciação à Pesquisa Científica. 2ª Ed. Campinas, São Paulo: **Editora Alínea**, 2001.

GOUIN, T.; ROCHE, N.; LOHMANN, R. A Thermodynamic Approach for Assessing the Environmental Exposure of Chemicals Absorbed to Microplastic. **Environmental Science & Technology**, 45(4), 1466-1472, 2011.

HORTON, A. A.; WALTON, A.; SPURGEON, D. J.; LAHIVE, E.; SVENDSEN, C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of the Total Environment**, 586, 127-141, 2017.

JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, Vol. 347(6223), 768-771, 2015.

LUSHER, A. L.; TIRELLI, V.; O'CONNOR, I.; OFFICER, R. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. **Scientific reports**, 5, 14947, 2015.

LWANGA, E. H.; GERTSEN, H.; GOOREN, H.; PETERS, P.; SALÁNKI, T.; PLOEG, M. V. D.; BESSELING, E.; KOELMANS, A. A.; GEISSEN, V. Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). **Environmental Science & Technology**, 50(5), 2685-2691, 2016.

MARTÍ, E.; QUERO, C.; CHIVA, J.; SANCHO, D.; FARRÉ, M. Floating barriers for the removal of microplastics in marine ecosystems: Toward an effective mitigation strategy. **Water Research**, 129, 277-282, 2018.

NIZZETTO, L., LANGAAS, S.; FUTTER, M. Pollution: Do microplastics spill on to farm soils? **Nature** 537, 488, 2016.

PRATA, J. C. Airborne microplastics: Consequences to human health? **Environmental Pollution**, 234, 115-126, 2018.

RILLIG, M. C.; INGRAFFIA, R., MACHADO, A. A. de S.; DUNFIELD, K. Microplastic Effect on Soil Microbial Community Structure. **Environmental Science & Technology**, 46(11), 6046-6055, 2012.

RILLIG, M. C.; INGRAFFIA, R.; MACHADO, A. A. de S. Microplastic incorporation into soils via agricultural practices. **Science advances**, 3(4), e1602095, 2017.

ROCHMAN, C. M.; TAHIR, A.; WILLIAMS, S.; BAXA, D. V. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. **Scientific reports**, 3(1), 1-8, 2015.

ROCHMAN, C. M.; HOH, E., KUROBE, T.; TEH, S. J.. Ingested Plastic Transfers Hazardous Chemicals to Fish and Induces Hepatic Stress. **Scientific Reports**, 3, 3263, 2013.

SCHWABL, P.; KÖPPEL, S.; KÖNIGSHOFER, P.; BUCSICS, T.; TRAUNER, M.; REIBERGER, T.; LIEBMANN, B. Detection of microplastics in human visceral tissues. **ACS nano**, 13(1), 21-20, 2019.

SLAT, B.; VAN WALSEM, A.; THOMPSON, R. C. The effect of catchment population size on the quantity of marine debris entering the ocean. **Scientific Reports**, 7(1), 16460, 2017.

THOMPSON, R. C., MOORE, C. J., VOM SAAL, F. S.; SWAN, S. H. Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 364(1526), 2153-2166, 2009.

THOMPSON, R. C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R. P.; DAVIS, A. ROWLAND, S. J.; JOHN, A. W. G.; MCGONIGLE, D.; RUSSELL, A. E. Lost at sea: where is all the plastic? **Science**, 304(5672), 838-838, 2004.

VIEIRA, J. G. Metodologia de pesquisa científica na prática. Curitiba: **Editora Fael**, 2010.

WRIGHT, S. L.; ROWE, D.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. **Current Biology**, 23(23), R1031-R1033, 2013.