

RESUMO EXPANDIDO DE REVISÃO DA LITERATURA

Uma ameaça invisível: micro e nano plásticos como indutores de inflamação e alterações sistêmicas no corpo humano

Anne Karoline Siezemel, Medicina, Integrado, Brasil

Juliana Silva Fantin, Medicina, Integrado, Brasil

Luísa Buchanelli Bernich, Medicina, Integrado, Brasil

Cristina Guilherme de Almeida, Medicina, Integrado, Brasil, e-mail:
cristina.guilherme@grupointegrado.br

INTRODUÇÃO

O aumento da produção e consumo de plásticos nas últimas décadas resultou em uma ampla dispersão de microplásticos (MPs) e nanoplásticos (NPs) no ambiente. Essas partículas são oriundas da fragmentação de materiais plásticos em dimensões microscópicas, provenientes da degradação de objetos maiores de origem doméstica ou industrial. Devido ao seu tamanho reduzido, os MPs e NPs representam uma ameaça global ao meio ambiente e, especialmente, à saúde humana, uma vez que apresentam elevado grau de penetrância e potencial para induzir respostas patológicas sistêmicas, conforme descrito na literatura científica (Chulkov, 2025).

Estudos recentes evidenciam que MPs e NPs podem penetrar no organismo por diferentes vias, incluindo ingestão, inalação e contato dérmico, seja por meio do consumo de alimentos contaminados, da inalação de partículas suspensas no ar ou do contato com produtos e poeira contendo microplásticos. Após sua entrada no organismo, essas partículas são capazes de atravessar barreiras celulares, distribuir-se por múltiplos órgãos e tecidos e desencadear respostas inflamatórias e imunológicas. Além disso, podem atuar como vetores de substâncias químicas tóxicas e microrganismos potencialmente nocivos, contribuindo para o agravamento de condições pré-existentes. Evidências também associam sua presença em tecidos biológicos à indução de estresse oxidativo, alterações celulares e disfunções em diferentes sistemas do organismo (Casella, 2025).

Diante desses mecanismos, pesquisas recentes têm investigado a relação entre a exposição a MPs e NPs e o desenvolvimento de alterações sistêmicas. Há indícios de que essas partículas interferem na homeostase celular e tecidual, contribuindo para a patogênese de doenças e afetando sistemas como o cardiovascular, nervoso, digestivo, urinário e reprodutivo (Bishop, 2025). Ademais, sua persistência no organismo e capacidade de bioacumulação ampliam as preocupações quanto aos efeitos a longo prazo sobre a saúde humana (Cao, 2025).

Nesse contexto, a relevância do tema se justifica pelo crescente aumento da exposição humana a MPs e NPs e pela ainda limitada compreensão dos seus efeitos biológicos, especialmente no que se refere aos processos inflamatórios e às

possíveis alterações em barreiras biológicas, como a barreira hematoencefálica. Assim, o estudo contribui para o aprofundamento do conhecimento científico e para a compreensão dos riscos associados à exposição a essas partículas, tanto no âmbito acadêmico quanto profissional.

O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos da bioacumulação de MPs e NPs na indução de respostas inflamatórias e do estresse oxidativo, bem como analisar como esses processos contribuem para o desenvolvimento de patologias e para a quebra da homeostase do organismo.

MÉTODO

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão de literatura, de natureza qualitativa e caráter descritivo. Para sua construção, foi realizado um levantamento de estudos em bases de dados científicas, incluindo PubMed, SciELO e UpToDate. Foram utilizadas como palavras-chave os termos “microplastics human”, “microplastics” e “nanoplastics human”.

Inicialmente, foram identificados 6.952 artigos, sendo 5.017 na base PubMed com o descritor “microplastics human”, 60 na SciELO com o termo “microplastics” e 1.875 na PubMed com o descritor “nanoplastics human”.

Após a aplicação dos critérios de inclusão — artigos publicados entre os anos de 2022 e 2026 e que abordassem especificamente os mecanismos fisiopatológicos relacionados aos micro e nanoplásticos — foram selecionados 18 estudos para leitura na íntegra.

Foram adotados como critérios de exclusão: estudos duplicados, artigos com enfoque predominantemente ambiental (ecossistêmico) e aqueles que não abordavam mecanismos fisiopatológicos em humanos. Ao final, 10 artigos compuseram a amostra, por apresentarem maior relevância na análise dos mecanismos de estresse oxidativo e da quebra da homeostase do organismo.

Os dados obtidos foram analisados de forma descritiva e comparativa, permitindo a organização das evidências científicas e a fundamentação dos resultados apresentados neste estudo.

REVISÃO DE LITERATURA

A análise dos estudos selecionados evidencia que a exposição a MPs e NPs está diretamente associada à ativação de respostas inflamatórias em nível celular. Em nível sistêmico, observa-se que essas partículas são capazes de ultrapassar barreiras biológicas e se distribuir por diferentes órgãos, favorecendo a ocorrência de efeitos inflamatórios sistêmicos (Cao, 2025).

O estudo do artigo evidencia que as características físico-químicas dos MPs e NPs, especialmente do PET, desempenham papel determinante em sua interação com sistemas biológicos, destacando-se a formação de uma “coroa proteica” na superfície dessas partículas. Essa interação promove alterações estruturais significativas, incluindo mudanças no tamanho, carga superficial e grupos funcionais, impactando diretamente sua biodistribuição, absorção celular e potencial toxicidade. Observou-se que essas modificações influenciam respostas

celulares, como a atividade mitocondrial e a integridade da membrana, além de interferirem em processos biológicos, como a formação de biofilmes bacterianos. Ademais, a eficiência de ligação proteica mostrou-se dinâmica e dependente de fatores como tempo de exposição, concentração proteica e características estruturais das partículas, evidenciando que os MPs não são estruturas inertes, mas sistemas altamente reativos no meio biológico, capazes de modular seus efeitos tóxicos conforme o ambiente em que se encontram (Baysal, 2024).

Além disso, a inflamação causada por essas partículas está diretamente relacionada às vias moleculares e celulares. Os MPs e NPs interagem com as células e atuam como sinalizadores químicos de perigo, podendo ingressar no organismo principalmente por vias respiratórias e gastrointestinais. Uma vez internalizadas, essas partículas induzem disfunção mitocondrial e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), promovendo estresse oxidativo e comprometendo as defesas antioxidantes celulares. Paralelamente, são reconhecidas por receptores de superfície celular, ativando a expressão de citocinas pró-inflamatórias, como IL-1 β , IL-6 e TNF- α . Esse processo culmina na ativação do inflamassoma NLRP3, que amplifica a resposta inflamatória e desencadeia liberação de mediadores tóxicos no tecido, gerando danos em cascata. Tais mecanismos estão associados a alterações metabólicas, inflamação reprodutiva e neuroinflamação (Chulkov, 2025).

Em nível sistêmico, a literatura demonstra que os MPs e NPs podem atingir diferentes órgãos, evidenciando sua ampla distribuição e potencial de bioacumulação em tecidos como cérebro, fígado e rins. No sistema nervoso central, destaca-se a capacidade dessas partículas de atravessar a barreira hematoencefálica, comprometendo sua integridade e alterando a homeostase neuronal. Esse processo está associado à ativação de células microgliais, aumento do estresse oxidativo e indução de neuroinflamação. Como consequência, observam-se alterações estruturais e funcionais, incluindo perda de espinhas dendríticas, disfunção mitocondrial, redução da atividade enzimática relacionada à neurotransmissão e prejuízo na comunicação neuronal. Tais alterações têm sido associadas a déficits cognitivos, alterações comportamentais e prejuízos na memória, especialmente em exposições prolongadas, além de possíveis interferências no eixo intestino-cérebro, ampliando o impacto sobre a função neurológica (Cho, 2026; Vojnits, 2025).

No sistema renal, os achados demonstram que os MPs e NPs apresentam potencial significativo de nefrotoxicidade, especialmente devido à sua capacidade de atravessar barreiras biológicas e se acumular nos rins. A exposição a essas partículas está associada ao aumento de espécies reativas de oxigênio, desencadeando estresse oxidativo, inflamação e alterações estruturais relevantes, como danos a podócitos, alterações na membrana basal glomerular e modificações na arquitetura de glomérulos e túbulos. Além disso, observam-se alterações em biomarcadores da função renal, como creatinina, albuminúria e nitrogênio ureico, indicando comprometimento funcional progressivo. Em nível celular, essas partículas também interferem na atividade mitocondrial, promovem apoptose e afetam processos como autofagia e ciclo celular, sugerindo contribuição para o desenvolvimento de doenças renais crônicas (Augey, 2026).

No sistema respiratório, estudos demonstram a presença de microplásticos em tecidos pulmonares humanos, com maior concentração em indivíduos com câncer de pulmão. Foram identificados polímeros como polipropileno, polietileno e PET, com maior predominância em tecidos neoplásicos. Esses achados sugerem possível associação entre exposição ambiental a MPs e alterações patológicas pulmonares, indicando que a deposição dessas partículas pode contribuir para o desenvolvimento ou agravamento de doenças respiratórias, além de reforçar sua capacidade de bioacumulação e interação direta com estruturas celulares (Gholami, 2026).

Por fim, embora seja comprovada a presença de MPs e NPs no organismo humano por ingestão, inalação e contato, a detecção e quantificação dessas partículas em matrizes biológicas complexas ainda enfrentam desafios significativos. Isso ocorre devido à baixa concentração nas amostras, à diversidade físico-química das partículas e à interferência de materiais orgânicos. Diante disso, destaca-se a necessidade de padronização metodológica. Nesse contexto, inovações como sistemas microfluídicos e análise espectral associada à inteligência artificial surgem como ferramentas promissoras para mapear as vias de exposição humana e compreender seus efeitos a longo prazo (Khan, 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sugerem que a exposição a MPs e NPs está diretamente relacionada a alterações celulares e sistêmicas, com destaque para a indução de estresse oxidativo, ativação de vias inflamatórias e comprometimento funcional de diferentes órgãos. Nesse sentido, foi possível atingir o objetivo proposto, ao demonstrar que a bioacumulação dessas partículas contribui significativamente para a quebra da homeostase do organismo. Esses efeitos decorrem, principalmente, da capacidade dos MPs e NPs de atravessar barreiras biológicas, distribuir-se pelo organismo e interagir de forma dinâmica com estruturas celulares, evidenciando seu potencial tóxico e não inerte.

Além disso, os estudos demonstram que os impactos dos MPs e NPs não se restringem a um único sistema, sendo observadas alterações nos sistemas nervoso, renal e respiratório, o que reforça a amplitude de seus efeitos e sua relevância para a saúde pública. A capacidade de bioacumulação e persistência dessas partículas no organismo amplia as preocupações quanto às consequências a longo prazo, especialmente em exposições contínuas e em populações mais vulneráveis.

No entanto, apesar dos avanços científicos, ainda existem limitações importantes relacionadas à detecção, quantificação e padronização metodológica dos estudos, o que dificulta a compreensão precisa dos níveis de exposição e de seus reais impactos clínicos. Dessa forma, torna-se fundamental o desenvolvimento de métodos mais sensíveis e padronizados, bem como a realização de estudos de longo prazo que permitam estabelecer relações causais mais robustas.

Assim, conclui-se que os MPs e NPs representam um risco emergente à saúde humana, exigindo maior atenção da comunidade científica e de órgãos reguladores, tanto na produção de conhecimento quanto na implementação de estratégias de controle ambiental e redução da exposição. Ademais, sugere-se que futuras

pesquisas aprofundem a investigação dos efeitos crônicos dessas partículas, especialmente em humanos, e sua interação com estruturas específicas, como a barreira hematoencefálica.

PALAVRAS-CHAVE: Toxicidade celular. Estresse oxidativo. Bioacumulação. Barreira hematoencefálica.

REFERÊNCIAS

AUGEY, L. *et al.* Effects of microplastics and nanoplastics on the kidneys. **Nephrology Dialysis Transplantation**, Oxford: Oxford University Press, 2026.

BAYSAL, A.; SAYGIN, H.; SOYOCAK, A. A comparative study on the interaction between protein and PET micro/nanoplastics: structural and surface characteristics of particles and impacts on lung carcinoma cells (A549) and *Staphylococcus aureus*. **Environmental Toxicology**, [S. l.], v. 39, n. 11, p. 4899–4926, nov. 2024.

BISHOP, B. *et al.* Micro- and nano-plastics induce inflammation and cell death in human cells. **Frontiers in Immunology**, [S. l.], v. 16, mar. 2025.

CASELLA, C. *et al.* Plastic smell: a review of the hidden threat of airborne micro and nanoplastics to human health and the environment. **Toxics**, [S. l.], v. 13, maio 2025.

CAO, Z. *et al.* Mapping the hidden journey of microplastics: multi-organ deposition patterns and organ-specific health risks revealed by AI-driven analysis. **The Innovation**, [S. l.], v. 7, n. 1, jan. 2026.

CHO, J. *et al.* Evaluation of size-dependent absorption, transport, and cytotoxicity of polystyrene microplastics in a blood–brain barrier model. **Nano Convergence**, [S. l.], v. 11, 2024.

CHULKOV, V. *et al.* Molecular and cellular effects of microplastics and nanoplastics in the pathogenesis of cardiovascular, nervous, urinary, digestive, and reproductive system diseases: a global systematic review. **International Journal of Molecular Sciences**, [S. l.], v. 26, nov. 2025.

GHOLAMI, M. *et al.* Microplastic accumulation in the human lung: distinct signatures in lung cancer vs normal tissue. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, [S. l.], 2026.

KHAN, A. L.; ZAIDI, A. A. Separation and detection of microplastics in human exposure pathways: challenges, analytical techniques, and emerging solutions. **Journal of Xenobiotics**, [S. l.], v. 15, 2025.

VOJNITS, K. *et al.* A systematic review of the potential neurotoxicity of micro- and nanoplastics: the known and unknown. **Particle and Fibre Toxicology**, [S. l.], v. 22, n. 29, jun. 2025.