

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

PEQUENA DIMENSÃO, GRANDE IMPACTO: UMA ANÁLISE SOBRE A POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICO

* Emily Giacobbo¹
Kely Viviane de Souza¹
Guilherme Gavlak¹

SMALL SIZE, BIG IMPACT: AN ANALYSIS OF MICROPLASTIC POLLUTION

Recibido el 14 de mayo de 2024. Aceptado el 18 de marzo de 2024

Abstract

Microplastic pollution is a growing concern due to its diverse origins and widespread impacts on ecosystems and human health. Mainly originating from the degradation of larger plastics, these residues contaminate both aquatic and terrestrial environments. In water bodies, they are easily ingested by aquatic organisms, disrupting life cycles and food chains. In soil, their presence can affect quality and biodiversity, while in the air, they remain suspended and can be transported by wind. The impacts of microplastics are worrisome, particularly due to their ability to bioaccumulate in marine and terrestrial organisms, including humans. This pollution poses a significant challenge, necessitating detailed study through research where microplastics are the focus, along with the impact this pollutant presents in various scenarios. Thus, this study presents the results of a comprehensive literature review on the topic, highlighting key findings and linking the presence of these tiny residues to water, soil, and air contamination, as well as alterations in the food chain and consequently, in humans. It can be concluded that this type of pollution, present in all possible forms of human contamination, is already a reality due to its presence in aquatic environments, primarily affecting the food chain. Furthermore, these studied pollutants are smaller than those visible to the naked eye and are identified as fibers and filaments, often in predominant blue, red, and white colorations.

Keywords: contamination, ecosystems, microplastics, plastic.

¹ Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro Oeste, Campus de Irati, Brasil.

* Autor correspondente: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), Campus de Irati, Rua Professora Maria Zanon de Almeida s/n, Riozinho, Irati/PR. CEP 84505-677. Brasil. Email: emillygiacobbo26@gmail.com

Resumo

A poluição por microplásticos é uma crescente preocupação devido à sua origem diversificada e os impactos generalizados no ecossistema e na saúde humana. Originados, principalmente, pela degradação de plásticos maiores, esses resíduos contaminam o meio aquático e terrestre. Na água são facilmente ingeridos por organismos aquáticos, alterando o ciclo de vida e a cadeia alimentar. No solo a sua presença pode afetar a qualidade e a biodiversidade, enquanto no ar, ficam suspensos, podendo ser transportados pelo vento. Os impactos causados pelos microplásticos são preocupantes, principalmente pela capacidade de bi acumular, tanto em organismos marinhos, como em organismos terrestres, incluindo o ser humano. Essa poluição é um desafio e com isso, se fez necessário o estudo detalhado de outras pesquisas, onde o microplástico seja objeto de estudo, juntamente com o impacto que esse poluente apresenta nos mais diversos cenários. Por isso, o presente trabalho traz o resultado de uma minuciosa revisão bibliográfica sobre o tema, expondo os principais resultados, relacionando a presença desses minúsculos resíduos, causando a contaminação da água, do solo e do ar, além de alterações na cadeia alimentar e consequentemente, nos seres humanos. Sendo possível concluir que esse tipo de poluição, que está presente em todas as formas possíveis pela qual pode acontecer a contaminação do ser humano, já é uma realidade, devido sua presença no meio aquático, principalmente, alterando a cadeia alimentar, além disso, esse tipo de resíduo poluente estudados, apresentam tamanho menos que os visíveis a olho nu e são identificados como fibras e filamentos nas colorações predominantes azuis, vermelhos e brancas.

Palavras-chave: contaminação, ecossistemas, microplástico, plástico.

Introdução

Nos últimos anos, juntamente com o avanço populacional a preocupação com a saúde dos ecossistemas também cresceu, principalmente em relação a poluição silenciosa gerada pelos microplásticos. Os oceanos, as florestas e até mesmo nos mais remotos pontos como desertos e geleiras, o vilão do século está marcando presença. Essas partículas menores de 5mm e muitas vezes não visíveis a olho nu, representam um dos desafios ambientais do século XXI, ameaçando a saúde dos ecossistemas terrestres e aquáticos, bem como a cadeia alimentar (Frias and Nash, 2019).

A jornada dos microplásticos começa no dia a dia com a fragmentação de plásticos maiores. Garrafas de refrigerantes à sacolas plásticas, de embalagens em geral a produtos de higiene pessoal, sendo esse último grupo propositalmente criados para compor, junto com outras substâncias, uma grande variedade de cosméticos como cremes dentais, cremes esfoliantes, e hidratantes denominados como microplásticos primários (Li *et al.*, 2018). Outra fonte de emissão considerável desse poluente são as fibras sintéticas como o nylon e poliéster, presentes desde roupas até equipamentos esportivos, que com o desgaste acabam liberando filamentos de microplástico, assim como ocorre com os pneus.

Uma ampla variedade de itens plásticos, que inclui desde embalagens de alimentos a produtos de uso diário, contribui para essa crescente quantidade de resíduos. Quando descartados de forma errônea, seja por meio de aterros inadequado ou diretamente nos cursos hídricos, os

resíduos plásticos encontram espaço nos mais diferentes ecossistemas. Ao longo do tempo, esses materiais sofrem com a exposição aos elementos climáticos e à ação mecânica do planeta, como a ação das ondas, das correntes marítimas e dos ventos, o que acaba provocando a fragmentação desses objetos em pedaços menores denominados como microplástico (Ceccarini *et al.*, 2018). Essa degradação física do plástico resulta na formação dos conhecidos microplásticos secundários, que acabam se espalhando por toda a biosfera de uma forma muito mais fácil e rápida (Montagner *et al.*, 2021).

A dispersão dos microplásticos além de ser um fenômeno complexo está relacionada com a imensa presença do plástico no cotidiano. Apesar de ter revolucionado o modo de vida desde sua criação, esse material traz diversos problemas aos ciclos terrestres, isso acontece devido sua grande persistência no meio, associado ao descarte incorreto, o que faz com que a geração de microplásticos persista por décadas.

Uma vez gerados, os microplásticos são aprisionados no ambiente, tendo seu meio de transporte variado, desde correntes de vento a correntes marítimas e até mesmo por seres vivos, e esses fragmentos são capazes de contaminar diversos ecossistemas, até milhares de quilômetros de distância da sua fonte geradora (Andrades *et al.*, 2018).

Os impactos dos microplásticos no meio ambiente são variados. No ambiente aquático, principalmente os oceanos, as partículas de microplástico, além de serem ingeridas por uma ampla variedade de organismos marinhos, entre plâncton e baleias (Andrady, 2011), já é de conhecimento a presença em porções do sal marinho convencional, atingindo quase que todos os tópicos das cadeias alimentares. Nesse meio, o acúmulo de fragmentos de plásticos é denominado como “sopa de microplásticos”. Já no contexto terrestre, os microplásticos contaminam os solos e o ar, afetando tanto a saúde das plantas como também dos seres humanos e animais (Chen *et al.*, 2020; Guo *et al.*, 2020).

Diante desse cenário alarmante gerado pela poluição por microplásticos, é de suma importância o estudo detalhado de cada uma das fontes geradores além de estudar os efeitos da poluição bem como os meios que ela atinge. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo explorar em detalhes a geração de microplásticos, suas vias de entrada no ambiente e os impactos ambientais dessa poluição presente e crescente na atual sociedade, através da revisão bibliográfica.

Metodologia

Este estudo é resultado de revisão bibliográfica integrativa, uma abordagem de pesquisa que utiliza diversas fontes bibliográficas eletrônicas relacionadas a um tema específico. O objetivo é sintetizar e avaliar os resultados obtidos, através da investigação científica. Para isso, é necessário

que os estudos analisados sejam bem estruturados entre introdução, objetivo, metodologia, resultados e conclusão, de forma clara e concisa, dessa forma a análise é abrangente e aprofundada no assunto abordado, contribuindo com o avanço das pesquisas na área.

Portanto, é fundamental estabelecer uma pergunta central para guiar a revisão para uma boa elaboração de revisão bibliográfica, conforme relatado pela UNESP em 2015. Neste estudo, foi buscado identificar os meios em que o microplástico está presente além dos danos que eles podem apresentar ao meio em questão. Dessa forma, além de analisar os impactos ambientais, também investigou as consequências para a saúde humana e a vida marinha, ampliando a compreensão sobre os problemas associados à presença de microplásticos em diferentes cenários do ecossistema.

Após a definição da pergunta central, é crucial delinear as fontes eletrônicas de dados a serem utilizadas, bem como as palavras chaves e o idioma. As bases de dados escolhidas para o desenvolvimento da pesquisa foram *Scientific Eletronic Library* (Scielo), *ScienceDirect* e Google acadêmico. As palavras chaves foram escolhidas, quase que exclusivamente, no inglês e parte em português. Dessa forma, as expressões de buscas incluíram os seguintes termos: *plastic pollution*/poluição plástica, *microplastics*/microplásticos, *soil pollution*/poluição do solo, *air pollution*/poluição do ar, *water pollution*/poluição da água, *food chain*/cadeia alimentar, *humans*/seres humanos e seus derivados.

Mesmo seguindo uma seleção criteriosa, os trabalhos que não abordavam questões pertinentes ou apresentavam uma análise superficial do tema foram excluídos, resultando em um total de 25 artigos incluídos no estudo de um total de 33 trabalhos pré-selecionados. Além disso, foi estabelecido um período de publicação de publicação 6 anos.

Resultados e discussão

Como os microplásticos já estão presentes em praticamente todos os ambientes, é importante delimitar os meios estudados neste trabalho. Diante disso, o tema geral foi subdividido em cinco tópicos, a fim de abordar as áreas mais atingidas e estudadas. Iniciando a amostras de trabalhos relacionados com a contaminação da água, principalmente a de consumo. Em seguida, o estudo da contaminação do solo, expondo como o microplástico se infiltra nos mais diversos cenários desse tópico. Além disso, a contaminação do ar também é de suma importância visto que os microplásticos estão presentes nesse meio. As pesquisas mostram, também, a alteração na cadeia alimentar causadas pelo microplástico, principalmente na vida marinha. E por fim, uma série de estudos é exposta relatando a presença de microplásticos nos seres humanos. Essa abordagem multidisciplinar visa fornecer uma compreensão mais completa dos danos que o microplástico pode causar em diversos contextos.

Contaminação da água

Em um estudo desenvolvido em Marrocos, onde os autores investigaram a presença de microplásticos nas águas de captação de uma baía a sudoeste do mediterrâneo, foram analisadas 9 estações de captação de água, durante o período de 3 anos (2019, 2020 e 2021). As análises foram realizadas através da espectroscopia Raman e os resultados mostraram pedaços de microplásticos denominados como fibras, fragmentos, pallets e filmes, com diâmetro variando entre 0.15 e 5mm em sete cores, sendo o branco e o azul, as cores predominantes, além disso, quatro polímeros foram encontrados sendo eles os principais polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) e politereftalato de etileno (PET) (Bouadil *et al.*, 2024).

A pesquisa pioneira na ilha vulcânica de Jeju, na Coreia do Sul, investiga a presença de microplásticos nas suas águas subterrâneas. O estudo apontou vinte e um pontos de coleta entre poços e nascentes de água subterrânea contaminados por microplástico. Os resultados utilizando espectroscopia no infravermelho com transformada de Micro-Fourier apontou cerca de 0.006 a 0.192 partículas por litro de água analisada, o tamanho das fibras e fragmentos variou entre 20 e 100 µm e os polímeros de origem identificados foram PP, PE, PET, PVC, PS, nylon de poliamida (PA), poliuretano (PU), acrilonitrila bitadieno (ABS) e estireno. Os autores apontam a atividade agrícola como a maior entrada de microplástico no sistema, devido o descarte incorreto de plástico e restos de estufa e supõem que a entrada seja através do solo ou por rachaduras na rocha (Kim *et al.*, 2023).

Patidar e autores, mostraram através de dos estudos de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier no método de reflectância total atenuada a presença de microplásticos e sedimentos no estuário Mahanadi, que faz parte da oitava maior bacia da Índia em termos de captação de água superficial. Após as análises das 18 coletas foi possível determinar a presença de microplásticos em todas, entre 8 e 26 pedaços por litro estudado. Os fragmentos foram classificados como microesferas, fibras, filme, fragmentos e espuma na coloração amarela, azul, branca, marrom, preta, vermelha e transparente. Na Índia, a maior porcentagem de plástico gerado vem de embalagens (59%) e originam na sua maioria, microplásticos não visíveis a olho nu (Patidar *et al.* 2023).

Na China, o microplástico tem sido objeto de estudo em diversos trabalhos, incluindo a pesquisa liderada por Zhou, realizada na área rural de Chongqing em investigação de presença de microplásticos na água potável, com isso, amostras em três pontos distintos foram coletadas para análises sendo elas a água de entrada na estação de tratamento de água (ETA), a água de saída da ETA e por fim a água que os moradores recebem em suas residências diretamente da torneira. O estudo mostrou que a água de entrada na ETA estava contaminada, porém após os processos de coagulação, sedimentação, filtração e ultrafiltração os microplásticos foram removidos, contudo, durante o trajeto até as residências, em algum momento, a água sem microplásticos

acabou sendo novamente contaminada, sugerindo que a tubulação plástica seja a fornecedora do poluente. Os principais polímeros encontrados foram PET, PP e PE (Zhou *et al.*, 2023).

O microplástico já está presente em um dos locais mais remotos do planeta, como mostra Peng e autores, com o estudo de investigação da presença desse material nas fossas marinhas, a parte mais profunda dos oceanos. O artigo publicado em 2018, relata a presença de até 13 peças de microplásticos por litro em 6.802m de profundidade e 11 peças por litro em 10.903m de profundidade, uma quantidade muitas vezes maior que a quantidade observada em águas superficiais de mar aberto. A identificação dos microplásticos foi realizada através de microscópio óptico e espectroscopia Raman, podendo classificá-los por microplásticos fibrosos e arredondados de coloração azul, vermelha, branca, verde e roxa e 11 polímeros diferentes foram identificados sendo eles: cloreto de polivinila (PVC), viscose (CV), acrilonitrila butadieno estireno (ABS), poliéster (PES), poliuretano (PUR), PA, PP, PE, PS, PET e poliamida aromática (Peng *et al.* 2018).

Contaminação do solo

Em um estudo pioneiro no território francês, Palazot e autores produziram a primeira referência nacional de contaminação por microplásticos nos solos franceses. Para o determinado estudo foi realizada a análise de 33 amostras de solo de uma rede de monitoramento já existente no país sobre a qualidade do solo. As amostras foram divididas em terras agrícolas (21 pontos), pastagem (4 pontos), vinhas e pomares (4 pontos) e florestas (4 pontos). Após as análises feitas das 33 amostras coletadas, dezessete áreas agrícolas estavam contaminadas, quatro áreas de pastagem, três áreas de vinhas e pomares e apenas uma área de floresta mostraram a mesma contaminação por microplásticos no solo estudado. Os polímeros mais encontrados foram o PP e PE (Palazot *et al.*, 2024).

Liao, Tang e Yang (2023), estudaram as características dos microplásticos em contaminação do solo agrícola e a relação da contaminação com metais pesados em diferentes cultivos em Chengdu, China. Após as análises foi possível observar a presença de microplásticos em todas as 103 amostras de solo coletadas em locais distintos, apresentando uma variação entre 1,333 e 15,067 partículas de microplástico por kg, sendo as áreas de pastagens as que apontaram maior concentração sendo duas vezes maior que áreas de campos abertos, hortas, pomares e florestas. Os microplásticos encontrados variou entre fibras, filmes e grânulos de coloração azul, vermelha e transparente, de diâmetro menor que 500µm e polímero de origem sendo o PP e PE. Após investigações foi concluído que o microplástico presente nessas áreas são originadas de plásticos agrícolas e fontes de água, além da concentração de Cádmio (Cd), Cromo (Cr) e Cobre (Cu) presente nos microplásticos do solo, indicando uma possível poluição sinérgica microplástico-metal pesado, podendo assim deteriorar o solo em questão (Liao *et al.*, 2023).

Na Eslováquia, foi identificada a primeira aparição de microplásticos em microecossistemas de água doce formados por plantas. Fogašová, Manko e Oboňa (2022), ao utilizar microscopia, constataram a presença de filamentos de microplástico nas folhas da *Dipsacus teasel* fitotelmata. Das 171 amostras coletadas, seis estavam contaminadas por microplásticos em forma de fibras, com colorações que incluíam azul, branca, laranja preta e vermelha (Fogašová *et al.*, 2022).

A contaminação pelos microplásticos já atinge os solos ribeirinhos e é evidenciada pela pesquisa a qual analisou amostras de solo coletadas na extensão do Rio Yangtze, na China. Após as análises desenvolvidas, os autores relatam que as amostras de subsolos apresentaram maior quantidade de microplástico, sendo que o polímero mais encontrado o PA, no formato de microfragmentos. A entrada do microplástico nesse meio é resultante tanto da ação antropogênica do local como também da precipitação (Zhou *et al.*, 2021).

Assim como já foi relatada a poluição no ambiente aquático mais remoto, o microplástico também está presente em um dos ambientes terrestres mais remoto, o Monte Everest. O estudo liderado por Napper em 2020, mostrou a presença dos microplásticos em todas as amostras coletadas, sendo elas dos três locais de acampamento estipulados no Monte, a base, I e II. No total foram 56 microplásticos encontrados em aproximadamente 3.3 L de neve. Os polímeros encontrados foram em formas de fibras e classificados em polimetacrilato de metila (PMMA), PES, PA e PP. Acredita-se que a incidência desse material nesse cenário, possa originada dos equipamentos de atividades ao ar livre e das roupas dos alpinistas, além da atividade dos ventos, principalmente na área mais alta (Napper *et al.*, 2020).

Contaminação do ar

Em estudo dirigido por Fang, na Austrália, o microplástico suspenso em ar interno foi objeto de pesquisa, onde durante um ano dois filtros de ar, um ar-condicionado e um computador de uso pessoal foram utilizados para gerar bancos de microplástico. Para a identificação de microplástico, após a remoção da poeira as amostras foram analisadas por imagens Raman podendo ser observadas amostras de microplástico originado de polímero PET. Foi quantificada uma média entre 73 e 88 fibras por ano em cada filtro. Com a presença de microplástico nos filtros analisados surge a preocupação da exposição do ser humano ao ar poluído, apesar da quantidade de microplástico suspenso em ar interno poder variar de acordo com as condições locais, a presença de microplástico é confirmada (Fang *et al.*, 2024).

Continuando na mesma linha de pesquisa, Din e demais pesquisadores, expuseram a concentração de microplástico no ar interno e externo. As amostras foram coletadas usando amostradores de ar ativos em Islamabad no Paquistão e em todas elas o microplástico foi detectado e identificado, sendo as amostras de ar interno mais contaminadas que amostras do ar externo, principalmente das salas de aula. Os microplásticos encontrados apresentaram

formato de fibras em maior abundância sendo elas na coloração preta e transparente. Após as análises utilizando espectroscopia no infravermelho de transformação de Fourier, os polímeros de origem dos microplásticos foram caracterizados em PET, PE, PP e PS (Din *et al.*, 2024).

Os microplásticos já são considerados onipresentes nas porções de ar assim como os outros meios, por isso Aves e autores apontaram a presença de microplástico transportados pelo ar no Hemisfério Sul, em particular ao sopé dos Alpes do Sul da Nova Zelândia, uma área remota 80km de distância de qualquer costa e praticamente despovoado, visto que, o agrupamento populacional mais próximo tem 550 habitantes. As amostragens ocorreram em dois momentos, o primeiro durante 24h, em 7 dias em triplicada e a segunda amostragem foi realizada com o intervalo de 7 dias, em triplicada durante quatro semanas, resultando em 33 amostras, 21 no primeiro momento e 12 no segundo. Vale ressaltar que durante a amostragem não houve precipitação, a temperatura média foi de 3,3°C e os ventos registrados foram oriundos da região Norte-Nordeste. Os papéis filtro foram analisados em microscópio e após a identificação visual, foi realizada a espectroscopia no infravermelho com transformada micro-Fourier. Com isso foi possível identificar 12 polímeros de origem, sendo o PET de maior abundância assim como o formato em fibras, sendo em média 150 microplásticos por m²/dia para a primeira amostragem e 26 microplásticos m²/dia na segunda, provando que o microplástico está presente no ar mesmo em áreas remotas (Alves *et al.*, 2024).

Islam e autores (2023), investigaram o caminho do microplástico tendo o ser humano como referência. Os autores delimitaram as inúmeras entradas de microplástico no nosso sistema, como a lavagem de vestimentas de fibras sintéticas, os dejetos industriais, a geração geral de resíduos e como esses materiais chegam até os seres humanos. Em maior ocorrência o microplástico chega até os oceanos, bioacumulando em animais ou até mesmo se prendendo nos grãos de sal. Nesses dois casos, o microplástico entra em contato com o ser humano, mas o objetivo do trabalho foi além da questão dos oceanos, mostrando que o microplástico está presente no ar, também. Através de modelos matemáticos e o uso de imagens das vias aéreas, os cientistas se mostraram preocupados com a exposição ao microplástico suspenso no ar, o qual foi encontrado nas vias aéreas pulmonares profundas. Com os estudos realizados os autores afirmam que os seres humanos podem estar inalando cerca de 16 partículas de microplástico por hora, dependendo do grau de exposição (Islam *et al.*, 2023).

Por sua vez, no Brasil, o microplástico suspenso no ar, também, foi objeto de estudo para Amato-Lourenço e equipe, para isso foi necessária a coleta de ar em três pontos distintos, nas proximidades do maior Centro Médico da América Latina. Porém o referido estudo não focou apenas na presença ou não do microplástico no ar, indo mais a fundo na investigação da relação da presença desse poluente, com as taxas de doentes infectados pelo vírus SARS-CoV-2. Em análises realizadas por microscópio de fluorescência e microespectroscopia no infravermelho

com transformada de Fourier, acoplada à refletância total atenuada, foi possível identificar a presença do vírus em 22 das 38 amostras dos três pontos estudados e aquelas amostras com maior porcentagem de microplástico foram as amostras das áreas que apresentavam infectados pelo SARS-CoV-2, sendo o polímero PES o de maior aparecimento (Amato-Lourenço *et al.*, 2022).

Alteração da cadeia alimentar

Já é de conhecimento popular o efeito nocivo que o plástico gera, principalmente aos animais marinhos que acabam se alimentando com esses componentes por confundirem com suas reais presas, mas atualmente o microplástico também tem sido causa de algumas mortes na vida marinha, como pode ser observado no estudo publicado pela Environmental Pollution, onde os microplástico e outras substâncias antropogênicas foram encontradas no trato gastrointestinal de tubarões tigre (*Galeocerdo cuvier*), no Oceano Atlântico Norte. As partículas encontradas nos sete estômagos e uma válvula espiral dos 8 animais, cerca de 45% do material antropogênico encontrado, eram microplásticos. A identificação das substâncias foi realizada por espectroscopia Raman e de infravermelho com transformada de Fourier, e o polímero de maior aparição foi o PP (Munno *et al.*, 2024).

Outro estudo relacionando os microplásticos com os danos na cadeia alimentar, tem como objeto de estudo a presença dos poluentes em mariscos de um mercado de venda de frutos do mar, no leste da Tailândia. Analisando três espécies de mariscos, economicamente essenciais, os cientistas constaram uma abundância média de 2.41 a 2.84 partículas por g de peso úmido. A maior parte dessa quantidade foi definido como fibras e de cores variadas entre o transparente e o preto acinzentado, apresentando tamanhos menores de 1 mm e os polímeros mais encontrados foram o PE e PS. Com a presença dos microplásticos nesse organismo que faz parte da alimentação local, a partir da quantidade média observa em cada marisco, foi possível pré-determinar o consumo entre 20 e 1178 partículas de microplástico ingeridas por pessoa em cada ano. Com esse dado, os autores ainda apresentaram o índice de perigo do polímero, que indicou um risco III-IV, o qual se confrontado com a literatura resulta em um risco a saúde humana (Hongsawat *et al.*, 2024)

Em um estudo bem detalhado, Athira e sua equipe demonstraram o possível caminho do microplástico dentro do ecossistema costeiro, bem como a quantidade de microplásticos em diferentes níveis tróficos. O estudo foi desenvolvido ao longo da costa Oeste da Índia, resultando em 10 pontos de coleta, sendo eles definidos como manguezais, praias, estuário e área de reserva. Para as análises da presença de microplástico na água, três momentos de coleta foram estipulados, sendo eles o período pré-monção, monção e pós-monção. Os organismos estudados foram caranguejos, poliquetas e camarões, e para o estudo envolvendo as aves, amostras de guano foram coletadas nos pontos de 10 espécies distintas. As análises foram realizadas através de infravermelho com transformada de Fourier de refletância total atenuada (ATR-FTIR). Ao final do estudo foi constatado que a água é a principal fonte de microplásticos da região, atingindo

facilmente os organismos que ali vivem, o tamanho predominante foi entre 1 mm e 3 mm, sendo o polímero de maior abundância o PE, em formato de fibras e fragmentos. A presença de microplástico foi observada em todas as amostras coletadas de organismos, sendo a maior em poliquetas, assim como todas as amostras de guano das 10 diferentes espécies e também nas amostras de água, evidenciando a presença onipresente do microplástico no ecossistema estudado. Os autores ainda relatam o efeito letal da biomagnificação que o microplástico pode causar nos organismos (Athira *et al.*, 2024).

Goswami e demais escritores (2023), investigaram a presença de microplástico em zooplânctons, definido como a base da cadeia alimentar marinha. A área de estudo foi o Mar Árábico, onde quarenta e um feixes de zooplâncton foram capturados, usando uma rede de malha de 300 μm , em janeiro de 2019. Os microplásticos superficiais dessa região variaram entre 0 e 0,055 partículas por m^3 , no formato fibroso, variando o tamanho entre 864.32 e 73.72 μm , já nos zooplânctons foi encontrado amostras menores que as fibras, variando entre 277.1 e 46.74 μm , sendo possível notar a bioacumulação na maioria dos grupos estudados. A origem dos microplásticos foi definida como os polímeros PA, PE, PP e PVC, o que para os cientistas indica que os microplásticos gerados são secundários, derivando das indústrias têxteis, das atividades pesqueiras e marítimas e embalagens e a aparição desses poluentes, nessa amostra, pode ter sido através da ação dos ventos do nordeste, onde atua uma forte corrente costeira da Índia Ocidental e a onda de Rossby que afastou a sopa de microplástico da costa, gerando uma ameaça para os ecossistemas de oceano aberto (Goswami *et al.*, 2023).

A preocupação da alteração da cadeia alimentar não se limita apenas no contexto aquático, Buteler e autores analisaram a presença de microplástico em abelhas e colmeias, devido as práticas de manejo de pequenos besouros invasores. Para conter a presença do besouro *Aethina tùmida*, uma espécie de lençol de microfibras é adicionada nas colmeias, onde as abelhas mastigam a fibra formando felpas que prendem os besouros, porém esse método pode acabar acrescentando microplástico tanto nas abelhas como no mel. O estudo analisou a presença ou não de microplásticos de coloração azul, visto que essa foi a cor da microfibras adicionada nas colmeias de estudo. Amostras de mel e indivíduos de abelha foram coletadas para a possível identificação de microplástico. O mel, o intestino e cutícula das abelhas, das colmeias tratadas, apresentaram uma quantidade significativa maior de microplástico, do que as colmeias controle, comprovando então a presença de microplástico tanto nas colmeias como nas abelhas em quantidades maiores das que apresentam o uso da microfibras de combate do besouro invasor (Buteler *et al.*, 2023).

Presença de microplásticos nos seres humanos

A contaminação por microplásticos podem atingir níveis significativos nos seres humanos e uma forma de entrada é através do sal de cozinha. Basaran, Özçifçi e Akçay (2023), realizaram a

caracterização de microplásticos em 36 amostras de sais de cozinha através de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier além de determinar a exposição dos indivíduos e a avaliação do risco do sal contaminado por microplásticos. Em todas as amostras foram encontradas entre 44 e 30 microplásticos por kg de sais sendo eles sais-gema, sais de lago e sais marinhos. Nas amostras foi possível identificar 10 tipos de polímeros entre eles o PET, acetado de vinila (EVA), PP e PS, a coloração variou entre preto, vermelho, transparente, azul, verde, marrom, branco e cinza denominados em fibra, filme e granulado. As exposições aos sais de cozinha contaminados por microplástico foram definidos em 70 anos resultando em 10,424 partículas por ano por indivíduo e o risco foi definido em 182 sendo um nível de risco classificado como na média (Özçifçi *et al.*, 2023).

Outro caminho de entrada de microplástico nos seres humanos são os leites comercializados, o estudo em questão analisou 14 leites embalados de marcas diversas e comercializados no mercado turco. Após os testes de espectroscopia no infravermelho de transformação de Fourier com reflectância total atenuada foi possível determinar que todas as amostras de leite estavam contaminadas com microplásticos no formato de fibra e fragmentos, de seis polímeros diferentes entre eles o PET, EVA, PP e PU, na coloração preta, vermelha, verde, azul, marrom e cinza, apresentando uma média de 6 partículas de microplástico por litro de leite. Após a identificação e caracterização do microplástico presente nas amostras, um modelo determinístico foi utilizado para determinas a ingestão de microplástico pelo leite ao longo da vida, chegando no resultado de 5,289 partículas por ml em 70 anos. Em relação ao risco de contaminação, cerca de 64% das amostras foram classificadas em nível moderado de contaminação microplástica e todas as amostras mostram índice médio de risco de polímero de microplástico, evidenciando que os leites consumidos por humanos estão contaminados por microplástico (Basaran *et al.*, 2023).

Em um estudo publicado realizado na Universidade de Amsterdam, o microplástico foi descoberto e quantificado em amostras de sangue humano. Através de um método analítico de amostragem utilizando pirólise de disparo duplo, cromatografia gasosa e espectrometria de massa foi possível identificar a presença de microplástico no sangue de 22 doares voluntários. Os polímeros mais encontrados foram o PET, PE e polímeros de estireno, resultando em média de 1.6 µg de partículas de microplásticos por ml de sangue. Os autores ainda sugerem que as partículas de microplástico chegam até a corrente sanguínea devido a exposição dos seres humanos a essas partículas e devido o fato da taxa de eliminação via trato biliar, rins ou transferência e disposição em órgãos é mais lenta que a absorção pelo sangue (Leslie *et al.*, 2022).

Um avanço nos estudos relacionados com os microplásticos, mostrou que essas partículas já avançaram o bastante em relação aos seres humanos visto que Ragusa e autores encontraram microplásticos em amostras de leite materno, bem como na placenta humana. No primeiro estudo, utilizando microespectroscopia Raman foi possível observar o leite materno de 34

mulheres, uma semana após o parto e em um resultado surpreendente, 26 amostras estavam contaminadas por microplástico. No estudo as partículas encontradas foram classificadas por cor, forma, dimensão e composição, sendo os mais abundantes da coloração azul e laranja/amarelo, no formato de esferas irregulares e partículas não definidas entre filme e fibra, medindo entre 2 e 12 micrómetro (μm) e originais dos polímeros PE, PVC e PP. A origem desse material no leite materno pode ser tanto da ingestão da mãe de alimentos contaminados ou do uso de produtos de higiene que liberam microplásticos (Ragusa *et al.*, 2022).

Em outro estudo, Ragusa e demais autores notaram a presença de microplástico em amostras de placenta humana, através das análises utilizando microespectroscopia Raman o microplástico foi identificado nas três porções da placenta a membrana materna, fetal e amniocoriais. As mulheres que cederam as placentas para o estudo eram todas saudáveis e os partos foram naturais e ao final da gestação. Ao final do estudo, 12 pedaços de microplásticos foram encontrados sendo 5 nas porções fetais, 4 nas maternas e 3 na amniocoriais, o diâmetro variou entre 5 e 10 μm e todos coloridos sendo eles laranjas, azuis, vermelhos, rosas, de origem predominante de PP (Ragusa *et al.*, 2021).

Conclusões

Nos mais diversos cenários do planeta Terra, foi possível perceber sua presença na água, no solo, no ar, nos alimentos, nos produtos de higiene, nas vestimentas, além disso já foram encontrados microplásticos no sangue humano, na placenta humana e no leite materno de humanos. Com isso é possível afirmar que não existe mais uma rota de fuga para evitar tal contaminação, a qual já está bem presente no dia a dia devido a alta crescente do consumo, em maioria de componentes plásticos.

Em análise do tamanho dos microplásticos, muitos deles não são visíveis ao olho nu, o que gera mais uma problemática para conter essa grande poluição, dificultando os processos de uma possível remoção. A coloração dos microplásticos é, em geral, bem variada, porém alguns pigmentos têm maior aparecimento nos artigos publicados, na cor azul, vermelha e branca, já a maior aparição em relação aos formatos é das fibras e fragmentos.

O planeta está abraçado com os microplásticos, tornando-se difícil o local que não tenha a sua presença e com isso, esse material tem sido base de estudos ao redor de todo o mundo, devido a preocupação dos efeitos futuros no ecossistema. Ainda não é de conhecimento os efeitos que grandes concentrações de microplástico podem causar ao ser humano, mas como foi abordado esse componente já está presente na nossa cadeia alimentar e organismo, porém não é conhecido os danos para os seres humanos, diferente do que já se conhece dos efeitos do microplástico para os animais, principalmente os marinhos.

A importância da microscopia e da espectroscopia para a identificação do microplástico além de conseguir identificar sua coloração, formato e o polímero de origem, facilitando o conhecimento acerca da sua origem. As técnicas utilizadas nos estudos apresentados se mostraram fundamentais para a compreensão da origem, formato, quantidade, tamanho, coloração e distribuição dos microplásticos presentes nas amostras analisadas nos ambientes terrestres e aquáticos. A microscopia em geral é utilizada para verificar tamanho, formato e coloração enquanto a espectroscopia permite identificar o polímero de origem e fonte dos microplásticos estudados.

A poluição por microplástico é um assunto que está sendo observado e estudado apresentando grande acervo sobre o tema, porém juntamente com esse avanço dos estudos está a necessidade de diminuir o consumo de plásticos e produtos que originalmente já apresentam o microplástico na sua composição por ser um material de difícil remoção do meio e grande causador de danos.

Referências bibliográficas

- Alves, A., Ruffell, H., Evangeliou, N., Gaw, S., Revell, L., E. (2024) Modelled sources of airborne microplastics collected at a remote Southern Hemisphere site. *Atmospheric Environment*, **325**, 120437–120437. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120437>
- Amato-Lourenço, L. F., Costa, N. D. S. X., Dantas, K. C., Galvão, L., D., S., Morales, F. N., Lombardi, S. C. F. S., Júnior, A. M., Lindoso, J. A. L., Ando, R., A., Lima, F., G., Carvalho-Oliveira, R., Mauad, T. (2022) Airborne microplastics and SARS-CoV-2 in total suspended particles in the area surrounding the largest medical centre in Latin America. *Environmental Pollution*, **292**, 118299. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118299>
- Andrades, R., Santos, R. S., Joyeux, J., Chelazzi, D., Cincinelli, A., Giarrizzo, T. (2018) Marine debris in Trindade Island, a remote island of the South Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, **137**, 180–184. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01487>
- Andrady, A. L. (2011) Microplastics in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, **62**, 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Athira, T., Aarif, K., Thomas, J., A., Alatawi, A. S., Muzaffar, S. B., Nefla, A., Reshih, O. R., Jobiraj, T., Thejass, P. (2024) The threat of microplastics: Exploring pollution in coastal ecosystems and migratory shorebirds along the west coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, **198**, 115912–115912. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115912>
- Basaran, B., Özçifçi, Z., Akcay, H., T., Aytan, Ü. (2023) Microplastics in branded milk: Dietary exposure and risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, **123**, 105611–105611. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105611>
- Bouadil, O., Benomar, M., El Ouarghi, H., Aboulhassan, M. A., Benbrahim, S. (2024) Identification and quantification of microplastics in surface water of a southwestern Mediterranean Bay (Al Hoceima, Morocco). *Waste Management Bulletin*, **2**(1), 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.01.003>
- Buteler, M., Villalobos, E., Alma, A. M., Silva, L., Tomba, J. P. (2023) Management practice for small hive beetle as a source of microplastic contamination in honey and honeybee colonies. *Environmental Pollution*, **334**, 122151–122151. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122151>

- Ceccarini A., Corti, A., Erba, F., Modugno, F., La Nasa, J., Bianchi, S., Castelvetro, V. (2018) The Hidden Microplastics: New Insights and Figures from the Thorough Separation and Characterization of Microplastics and of Their Degradation Byproducts in Coastal Sediments. *Environmental Science & Technology*, **52**(10), 5634–5643. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01487>
- Chen, G., Feng, Q., Wang, J. (2020) Mini-review of microplastics in the atmosphere and their risks to humans. *Science of The Total Environment*, **703**, 135504. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135504>
- Din, K. S., Khokhar, M. F., Bunda, S. I., Qadir, A., Younas, F. (2024) Exploration of microplastic concentration in indoor and outdoor air samples: Morphological, polymeric, and elemental analysis. *Science of The Total Environment*, **908**, 168398. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168398>
- Fang, C., Awoyemi, H. S., Saiyanand, G., Xu, L., Niu-, J., Naidu, R. (2024) Characterising microplastics in indoor air: Insights from Raman imaging analysis of air filter samples. *Journal of Hazardous Materials*, **464**, 132969. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132969>
- Frias, J. P. G. L., Nash, R. (2019) Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, **138**(138), 145–147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Fogašová, K., Manko, P., Oboňa, J. (2022) The first evidence of microplastics in plant-formed fresh-water micro ecosystems: Dipsacus teasel phytotelmata in Slovakia contaminated with MPs. *BioRisk*, **18**, 133–143. <https://doi.org/10.3897/bioriski.18.87433>
- Goswami, P., Selvakumar, N., Verma, P., Saha, M., Suneel, V., Vinithkumar, N. V., Dharani, G., Rathore, C., Nayak, J. (2023) Microplastic intrusion into the zooplankton, the base of the marine food chain: Evidence from 539 the Arabian Sea, Indian Ocean. *Science of The Total Environment*, **864**, 160876. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160876>
- Guo, J., Huang, X., Xiang, L., Wang, Y., Li, Y., Li, H., Cai, Q., Mo, C., Wong, M. (2020) Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environment International*, **137**, 105263. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105263>
- Hongsawat, P., Thinsong, W., Chouychai, B., Punyapalakul, P., Prarat, P. (2024) Microplastics in retail shellfish from a seafood market in eastern Thailand: Occurrence and risks to human food safety. *Marine Pollution Bulletin*, **201**, 116228–116228. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116228>
- Islam, M., S., Rahman, M., Larpruenrudee, P., Arsalanloo, A., Beni, H., Islam, M., Md., A., Gu, Y., Sauret, E. Islam, M. S. (2023) How microplastics are transported and deposited in realistic upper airways? *Physics of Fluids*, **35**(6). <https://doi.org/10.1063/5.0150703>
- Kim, Y., Jeong, E., Lee, J., Chia, R. W., Raza, M. (2023) Microplastic contamination in groundwater on a volcanic Jeju Island of Korea. *Environmental Research*, **226**, 115682. 552 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115682>
- Leslie, H. A., Van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, D., Garcia-Vallejo, J. J., Lamoree, M. H. (2022) Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, **163**(107199), 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Li, J., Liu, H., Paul Chen, J. (2018) Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, **137**, 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>
- Liao, Y., Tang, Q., Yang, J. (2023) Microplastic characteristics and microplastic-heavy metal synergistic contamination in agricultural soil under different cultivation modes in Chengdu, China. *Journal of Hazardous Materials*, **459**, 132270–132270. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132270>
- Montagner, C., Dias, M. A., Paiva, E. M., Vidal, C. (2021) Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. *Química Nova*, **44**(10). <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>
- Munno, K., Hoopes, L., Lyons, K., Drymon, M., Frazier, B., Rochaman, C. (2024) High microplastic and anthropogenic particle contamination in the gastrointestinal tracts of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) caught in the western North Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, **344**, 123185–123185. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123185>

- Napper, I. E., Davies, B. F. R., Clifford, H., Elvin, S., Koldewey, H. J., Mayewski, P. A., Miner, K. R., Potocki, M., Elmore, A. C., Gajurel, A. P., Thompson, R. C. (2020) Reaching New Heights in Plastic Pollution—Preliminary Findings of Microplastics on Mount Everest. *One Earth*, **3**(5), 621–630. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.10.020>
- Özçifçi, Z., Basarah, B., Akçay, H. (2023) Microplastic contamination and risk assessment in table salts: Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 175, 113698. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113698>
- Palazot, M., Soccalingame, L., Froger, C., Joliver, C., Bispo, A., Kedzierski, M., Bruzard, S. (2024) First national reference of microplastic contamination of French soils. *Science of The Total Environment*, **918**, 170564–170564. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170564>
- Patidar, K., Ambade, B., Verma, S. K., Mohammad, F. (2023) Microplastic contamination in water and sediments of Mahanadi River, India: An assessment of ecological risk along rural-urban area. *Journal of Environmental Management*, **348**, 119363–119363. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119363>
- Peng, X., Chen, M., Chen, S., Dasgupta, H., Xu, H., Ta, K., Du, M., Li Guo, Z., Bai, S. (2018) Microplastics contaminate the deepest part of the world's ocean. *Geochemical Perspectives Letters*, **9**, 1–5. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4797143>
- Ragusa, A., Notarstefano, V., Svelato, A., Belloni, A., Gioacchini, G., Blondeel, C., Zucchelli, E., De Luca, C., D'avinno, S., Gulotta, A., Carnevali, O., Giorgini, E. (2022) Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. *Polymers*, **14**(13), 2700. <https://doi.org/10.3390/polym14132700>
- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Ringioletti, M., C., A., Baiocco, F., Draghi, S., D'amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., Giorgini, E. (2021) Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, **146**(106274), 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- UNESP. Universidade Estadual de São Paulo (2015) *Tipos de revisão de literatura*. Acesso em 04 de março de 2024. Disponível em: [tipos-de-revisao-de-literatura.pdf\(unesp.br\)](tipos-de-revisao-de-literatura.pdf(unesp.br))
- Zhou, G., Wu, Q., Wei, X., Chen, C., Ma, J., Crittenden, J. C., Liu, B. (2023) Tracing microplastics in rural drinking water in Chongqing, China: Their presence and pathways from source to tap. *Journal of Hazardous Materials*, **459**, 132206–132206. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132206>
- Zhou, Y., Ele, G., Jiang, X., Yao, L., Ouyang, L., Liu, X., Liu, W., Liu, Y. (2021) Microplastic contamination is ubiquitous in riparian soils and strongly related to elevation, precipitation and population density. *Journal of Hazardous Materials*, **411**, 125178. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125178>