



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE UnB PLANALTINA

**MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA**

LUIZ GUSTAVO HAISI MANDALHO

**MICROPLÁSTICOS EM ÁGUA POTÁVEL: EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS E AVANÇOS
REGULATÓRIOS**

Brasília

2026

**MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS – PROFÁGUA**

LUIZ GUSTAVO HAISI MANDALHO

**MICROPLÁSTICOS EM ÁGUA POTÁVEL: EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS E AVANÇOS
REGULATÓRIOS**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade UnB Planaltina como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Especialidade em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Claudia Padovesi Fonseca
Orientadora

Brasília

2026

Esta folha destina-se à inserção da FICHA CATALOGRÁFICA que o autor receberá após as correções do trabalho pela biblioteca.

LUIZ GUSTAVO HAISI MANDALHO

**MICROPLÁSTICOS EM ÁGUA POTÁVEL: EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS E AVANÇOS
REGULATÓRIOS**

Dissertação de Mestrado submetida à Faculdade de Planaltina - UnB como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre do programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Prof^ªÁgua).

APROVADA POR:

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Claudia Padovesi Fonseca - UnB/FUP/Prof^ªÁgua

Orientadora

Prof.^a Dra. Juliane Cristina Forti - Departamento de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - UNESP

Prof. Dr. Carlos José Sousa Passos - UnB/FUP/Prof^ªÁgua

Brasília, DF, 2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por terem sempre incentivado meus estudos e por me darem as condições para ter chegado até aqui.

À minha esposa, Cristina, por todo amor, apoio e compreensão durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos pelo incentivo e ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima pela confiança e condições institucionais que possibilitaram a realização deste mestrado.

Aos professores do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), agradeço pelos ensinamentos, pela dedicação e pelo compartilhamento de conhecimentos que contribuíram para minha formação.

Aos meus colegas de mestrado pelo companheirismo, pelo apoio nos momentos de dúvida e por todos os bons momentos que passamos juntos.

À minha orientadora, Claudia Padovesi, pelas valiosas orientações, disponibilidade e rigor científico, que permitiram transformar uma ideia inicial em uma pesquisa estruturada e consistente.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado.

RESUMO

No contexto de crescente demanda hídrica global e no agravamento da poluição dos recursos hídricos, por poluentes emergentes, este estudo apresenta uma revisão sistematizada da literatura sobre a ocorrência de microplásticos em água potável, bem como uma análise das perspectivas regulatórias voltadas ao controle e à redução dessa contaminação. Essas partículas plásticas, fabricadas para propósitos específicos, como microesferas adicionadas em produtos de higiene, ou provenientes da degradação de plásticos no ambiente, representam um risco à saúde humana, podendo causar efeitos adversos como inflamação e danos celulares. As principais rotas de exposição aos microplásticos incluem a ingestão, inalação e contato dérmico, sendo o consumo de água uma rota relevante de exposição humana a esses contaminantes. O estudo teve como objetivos levantar informações sobre a presença de microplásticos em águas potáveis, analisar estudos que identificaram sua presença em amostras de água potável, pesquisar e avaliar normativas que tratam do controle de microplásticos em água potável e elaborar diretrizes para normativa brasileira. A metodologia foi baseada em pesquisa bibliográfica e documental. A revisão de literatura englobou 39 artigos publicados entre 2015 e novembro de 2025, os quais revelam a presença global de microplásticos em águas potáveis, com concentrações médias variando entre 0,174 e 1.776 partículas por litro. Os estudos avaliados mostraram que polietileno tereftalato (PET), polietileno (PE) e polipropileno (PP) foram os tipos de plástico encontrados com mais frequência em águas potáveis, resultado de sua grande produção e uso na fabricação de embalagens e artigos de consumo. As estações de tratamento de água apresentam capacidade de remoção desses contaminantes, com eficiências variando entre 33,1% e 100%, de acordo com os métodos de tratamento utilizados, porém identificou-se que as redes de distribuição são potenciais fontes secundárias de contaminação. O levantamento normativo registrou que apenas a Califórnia e a União Europeia possuem regulamentações específicas sobre microplásticos em águas destinadas ao consumo humano, com diferenças relevantes em sua aplicação. A Califórnia adotou uma abordagem direta, iniciando um programa de monitoramento de microplásticos, enquanto a União Europeia incluiu os microplásticos em uma política mais abrangente de segurança hídrica, que engloba outros contaminantes emergentes. Concluiu-se que há necessidade de padronização metodológica, ampliação de pesquisas nacionais e desenvolvimento de uma normativa brasileira. Como produto resultante desse trabalho, são apresentadas diretrizes iniciais para elaboração de norma brasileira sobre microplásticos em águas potáveis. O estudo destaca a importância de políticas integradas para reduzir a exposição humana a esses contaminantes, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3 (saúde e bem-estar) e 6 (água potável e saneamento).

Palavras-chave: poluição plástica; contaminação hídrica; diretrizes; Brasil

ABSTRACT

In the context of growing global water demand and the worsening pollution of water resources by emerging contaminants, this study presents a systematized review of the literature on the occurrence of microplastics in drinking water, as well as an analysis of regulatory perspectives aimed at controlling and reducing this contamination. These plastic particles, either manufactured for specific purposes—such as microbeads added to personal care products—or originating from the degradation of plastics in the environment, pose a risk to human health and may cause adverse effects such as inflammation and cellular damage. The main routes of exposure to microplastics include ingestion, inhalation, and dermal contact, with water consumption being a relevant route of human exposure to these contaminants. The objectives of the study were to compile information on the presence of microplastics in drinking water, analyze studies that identified their presence in drinking-water samples, research and assess regulations addressing the control of microplastics in drinking water, and develop guidelines for Brazilian regulation. The methodology was based on bibliographic and documentary research. The literature review encompassed 39 articles published between 2015 and November 2025, which reveal the global presence of microplastics in drinking water, with average concentrations ranging from 0.174 to 1,776 particles per liter. The studies reviewed showed that polyethylene terephthalate (PET), polyethylene (PE), and polypropylene (PP) were the most frequently detected plastic types in drinking water, reflecting their large-scale production and widespread use in packaging and consumer goods. Water treatment plants show the capacity to remove these contaminants, with removal efficiencies ranging from 33.1% to 100%, depending on the treatment methods employed, however, distribution networks were identified as potential secondary sources of contamination. The regulatory survey indicated that only California and the European Union have specific regulations addressing microplastics in water intended for human consumption, with relevant differences in their application. California adopted a direct approach by initiating a microplastics monitoring program, while the European Union incorporated microplastics into a broader water safety policy that also encompasses other emerging contaminants. It was concluded that there is a need for methodological standardization, expansion of national research, and the development of a Brazilian regulation. As an outcome of this work, initial guidelines for the development of a Brazilian standard on microplastics in drinking water are presented. The study highlights the importance of integrated policies to reduce human exposure to these contaminants, in alignment with Sustainable Development Goals (SDGs) 3 (good health and well-being) and 6 (clean water and sanitation).

Keywords: plastic pollution; water contamination; guidelines; Brazil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção global de plásticos por tipo de polímero em 2023	16
Figura 2 - Classificação de resíduos plásticos por tamanho das partículas	17
Figura 3 - Possível presença de microplásticos em faixa de areia	18
Figura 4 - Destinação geral de resíduos plásticos no mundo - 2019	19
Figura 5 - Índice de reciclagem de plásticos, pós consumo no Brasil, de 2018 a 2024.....	21
Figura 6 - Diagrama de um sistema de abastecimento de água potável	27
Figura 9 - Fluxo de trabalho para seleção de método de análise e medição para microplástico	31
Figura 7 - Exemplo de Identificação de microplástico usando espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com Refletância Total Atenuada	34
Figura 8 - Exemplo de Identificação de microplásticos usando Raman	34
Figura 10 - Fluxograma da revisão de literatura	40
Figura 11 - Quantidade de estudos sobre microplástico (MP) em águas potáveis, por continente ..	46
Figura 12 - Número de estudos sobre microplásticos em águas potáveis por ano de publicação	47
Figura 13 - Quantificação dos métodos de análise para detecção de microplásticos utilizados nas pesquisas avaliadas	48
Figura 14 - Quantidade de MP encontrados nos estudos analisados, com média acima de 100 partículas/L.....	54
Figura 15 - Quantidade de MP encontrados nos estudos analisados, com média abaixo de 100 partículas/L.....	55
Figura 16 - Quantidade de MP nas águas potáveis agrupadas por continente.....	56
Figura 17 - Distribuição da frequência de detecção de microplásticos por tipo de polímero.....	57
Figura 18 - Forma predominante das partículas plásticas detectadas	58
Figura 19 - Exemplos de imagens de microplásticos realizadas por microscopia eletrônica de varredura	59
Figura 20 - Fluxograma da pesquisa de normas	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos de análise de microplásticos (MP) especificados na ISO 24187	32
Tabela 2 - Caraterísticas dos métodos de análise de microplásticos (MP) especificados nas ISO 16094-2 e 16094-3	33
Tabela 3 - Síntese do resultado da pesquisa de estudos para revisão de literatura referente aos microplásticos em águas potáveis	39
Tabela 4 - Síntese dos resultados encontrados na revisão de literatura, apresentado as caraterísticas principais dos estudos	41
Tabela 5 - Concentração de MP em águas brutas e tratadas, locais de amostra e tipo de tratamento de água das ETA	49
Tabela 6 - Concentrações de MP na saída das ETA e ao longo das redes de distribuição, tipos de água e local de coleta de amostras	52
Tabela 7 - Síntese da comparação entre as normativas da Califórnia e da União Europeia sobre microplásticos em águas potáveis	72

LISTA DE SIGLAS

ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
ATR-FTIR	Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com Refletância Total Atenuada
CCJC	Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania da Câmara dos Deputados do Brasil
CMADS	Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Câmara dos Deputados do Brasil
CSWRCB	Conselho Estadual de Controle de Recursos Hídricos da Califórnia
ECHA	European Chemicals Agency
ES	Espectrometria de massa
ETA	Estação de tratamento de água
EU	União Europeia
FPA-FTIR	Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier e detector de matriz de plano focal
FTIR	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier
GC	Cromatografia gasosa
GC/MS	Espectrometria de massa por cromatografia em fase gasosa
HD	High Density
INC	Comitê Intergovernamental de Negociação sobre Poluição Plástica
IARC	Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer
ISO	International Organization for Standardization
JRC	European Commission Joint Research Centre
LC-MS	Cromatografia líquida com espectrometria de massa
LD	Low density
LDIR	Imagem infravermelha direta a laser
LLD	Linear Low Density
MD	Medium density
μ -FTIR	Espectromicroscopia de infravermelho com transformada de Fourier
μ -Raman	Espectromicroscopia Raman
MP	Microplásticos
NOAA	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos da América
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
O-PTIR	Infravermelho Fototérmico Óptico
PA	Poliamida

PA6	Poliamida 6
PA66	Poliamida 66
Planares	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PET	Polietileno tereftalato
PMMA	Polimetilmetacrilato
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PTFE	Politetrafluoretileno
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de vinila
Py-GC/MS	Pirólise acoplada à cromatografia gasosa com detecção por espectrometria de Massa
QCL-IR	Microscopia por infravermelhos com laser de cascata quântica
SB	Senate Bill
SCCWRP	Southern California Coastal Water Research Project
SEM	Microscopia eletrônica de varredura
Sinir	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
TED-GC/MS	Cromatografia gasosa de dessorção com espectrometria de massa
UNEP	United Nations Environment Programme
WWAP	World Water Assessment Program

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	13
2 – REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 – Plásticos e Microplásticos	15
2.2 – Fontes de Microplásticos no Ambiente.....	18
2.3 – Resíduos Plásticos.....	19
2.4 – Políticas e Legislações para Redução da Poluição por Microplásticos	21
2.5 – Comitê Intergovernamental de Negociação sobre Poluição Plástica - INC.....	23
2.6 – Microplástico e Saúde Humana	25
2.7 – Abastecimento e Tratamento de Água Potável	27
2.8 – Microplástico em Águas Potáveis.....	30
2.9 – Metodologias de Detecção de Microplásticos em Águas	30
3 – OBJETIVOS	36
3.1 – Objetivo Geral.....	36
3.2 – Objetivos Específicos.....	36
4 – MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 – Revisão Sistematizada de Literatura - Microplástico em Águas Potáveis.....	37
4.2 – Pesquisa Documental – Normas sobre Microplástico em Águas Potáveis.....	38
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 – Revisão Sistematizada de literatura sobre Microplástico em Águas Potáveis.....	39
5.2 – Normativas sobre Microplástico em Águas Potáveis	60
5.2.1 – Legislação sobre Água Potável no Brasil	61
5.2.2 – Legislação da Califórnia – EUA - SB 1422/2018: Lei de Água Potável Segura da Califórnia	62
5.2.3 – Legislação da Califórnia – Resolução n.º 2022-0032 CSWRCB – Adota Manual de Políticas	63
5.2.4 – Legislação da União Europeia - Diretiva (EU) 2020/2184 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano	67
5.2.5 – Legislação da União Europeia – Decisão Delegada (UE) 2024/1441 da Comissão Europeia	69
5.2.6 – Comparação das normas da Califórnia e da União Europeia.....	71
6 – CONCLUSÃO	74
7 – PRODUTO.....	75
8 - REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE I - DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE NORMATIVA BRASILEIRA SOBRE MP EM ÁGUAS POTÁVEIS.....	88

1 – INTRODUÇÃO

A água é um recurso finito e indispensável para a vida, e seu consumo vem aumentando ao longo dos últimos anos. O Programa Mundial de Avaliação da Água (WWAP) (2019), da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, afirma que desde a década de 1980 o uso da água no mundo vem aumentando cerca de um por cento ao ano, devido à combinação de crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças nos padrões de consumo. O WWAP estima que a demanda global de água continue aumentando com taxa semelhante até 2050, resultando em aumento de 20 a 30% sobre a demanda atual.

Água de boa qualidade e em quantidade adequada são necessárias para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em matéria de saúde e segurança hídrica. Desde a década de 1990, houve piora na poluição da água na maioria dos rios da América Latina, África e Ásia, devido ao crescimento populacional, ao aumento da atividade econômica, à intensificação e expansão da agricultura e ao lançamento de esgotos sem ou com baixo nível de tratamento (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - *United Nations Environment Programme*, 2016). O aumento no consumo da água, aliado à crescente contaminação dos recursos hídricos por diversos poluentes, incluindo microplásticos, reflete na necessidade urgente de gestão e regulação eficazes para garantir o acesso à água potável.

Os microplásticos (MP) são partículas de plástico originadas por meio de duas principais vias: oriundas de descarte inadequado de plásticos, que se degradam no ambiente ou por meio de lançamento de plásticos de tamanho reduzido, que foram produzidos para uso na fabricação de outros materiais e produtos. Dentre os poluentes na água, os microplásticos se tornaram um tema de preocupação mundial nos últimos anos, devido à constatação de sua presença em corpos d'água, em águas tratadas, águas distribuídas à população e em organismos humanos (Mandalho; Cardoso; Fonseca, 2024).

Pesquisas laboratoriais, com culturas de células e com organismos vivos, têm revelado que a exposição a microplásticos pode resultar em efeitos adversos à saúde. Como demonstrado por Eye *et al.* (2021), que identificaram desde processos inflamatórios até danos celulares diretos. Podem ainda existir riscos adicionais relacionados à capacidade dessas partículas de transportar outros poluentes ambientais e liberar compostos químicos utilizados em sua fabricação (Karbalaie *et al.*, 2021). Nos humanos, estudo conduzido por Sánchez *et al.* (2022) aponta o consumo de água como uma das principais rotas de exposição a essas partículas.

Para a identificação e quantificação de MP em águas potáveis, há uma variedade de técnicas analíticas disponíveis, embora nenhuma delas possa ser considerada definitiva ou completa de

maneira isolada (Centro Comum de Pesquisa da Comissão Europeia - *Joint Research Centre of the European Commission* - JRC, 2024). No cenário brasileiro, observa-se que a legislação vigente sobre qualidade da água potável (Portaria GM/MS Nº 888/2021) ainda não contempla diretrizes específicas para o monitoramento destas partículas.

Com o objetivo de avaliar se a presença de microplásticos em águas potáveis é um problema existente, foi realizada revisão de literatura de estudos publicados sobre esse tema. Também se fez a identificação de alternativas normativas existentes voltadas ao controle ou redução de microplásticos em águas potáveis, por meio da pesquisa documental de normas e leis.

O presente estudo está relacionado aos seguintes Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), de acordo com a Agenda 2030 (Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil - UNIC Rio, 2015):

- Objetivo 3. Garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.

3.9 Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo.

- Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos.

6.1 Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos.

Assim, este trabalho busca contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas relacionadas ao controle de microplásticos em águas potáveis no Brasil, abordando evidências científicas sobre a presença de MP em águas potáveis, métodos de detecção, seus efeitos sobre a saúde humana e experiências regulatórias internacionais existentes. Esta análise se mostra especialmente relevante dado que o país ainda carece de normativas específicas para identificação e controle destes contaminantes em águas destinadas ao consumo humano. Com base nos resultados da presente pesquisa, foram desenvolvidas diretrizes para subsidiar a elaboração de normativa sobre microplásticos em águas potáveis para o Brasil.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – Plásticos e Microplásticos

De acordo com a União Europeia (*European Union*, 2019), plástico pode ser definido como material constituído por um polímero (substância constituída por moléculas caracterizadas pela sequência de um ou mais tipos de unidades monoméricas), ao qual podem ter sido adicionados aditivos ou outras substâncias e que pode funcionar como componente estrutural principal de produtos.

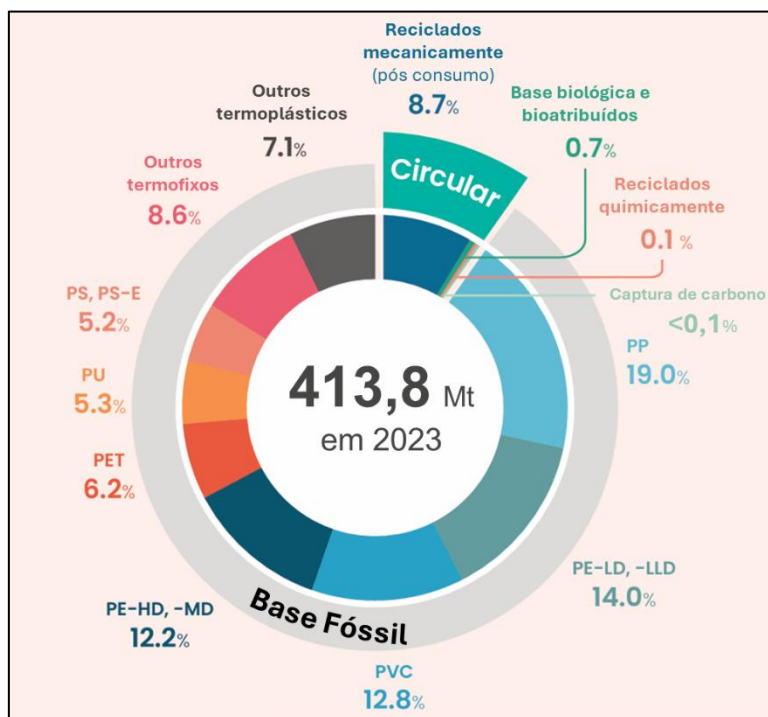
Os plásticos podem ser divididos em dois tipos (Organização Mundial da Saúde - WHO, 2019):

- i) Termoplásticos - amolecem quando aquecidos, podem ser reformados e endurecidos quando resfriados, o que significa que podem ser reciclados. Incluem polietileno (PE - usado em brinquedos, frascos de xampu etc.), polipropileno (PP - usado em embalagens de alimentos, embalagens de salgadinhos, autopeças etc.), polietileno tereftalato (PET - frequentemente usado para garrafas de água e outras bebidas), poliestireno (PS - usado em recipientes de espuma para alimentos, óculos, isolamento de edifícios, entre outros); e
- ii) Plásticos termofixos - não amolecem com o aquecimento porque ligações químicas permanentes se formam entre suas cadeias de polímeros. Incluem poliuretano (PU - usado em isolamento de edifícios, travesseiros e colchões, espumas isolantes, entre outros), resinas epóxi e alguns tipos de resinas acrílicas.

Materiais plásticos são amplamente utilizados ao redor do mundo, em muitos casos na fabricação de produtos descartáveis. A partir da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), materiais convencionais escassos como metais e madeira passaram a ser substituídos por plásticos, que podiam ser produzidos em larga escala, com características excepcionais e preço relativamente baixo (Lintsen; Hollestelle; Hölsgens, 2017). Nas últimas décadas, a fabricação de plásticos tem aumentado expressivamente, passando de dois milhões de toneladas (Mt), em 1950, para 381 Mt em 2015 (Geyer; Jambeck; Law, 2017). De acordo com o Programa Mundial de Avaliação da Água (WWAP) (2019), entre 1950 e 2017 foram produzidos um acumulado de 9,2 bilhões de toneladas de plástico, dos quais cerca de 14% foram incinerados e menos de 10% foram reciclados, sendo o restante descartado em aterros sanitários e lixões ou liberados no meio ambiente. Os plásticos dispostos inadequadamente ficam expostos às condições climáticas e químicas do meio ambiente, sofrendo degradação e gerando partículas plásticas (microplásticos).

Podemos visualizar a produção anual global de plásticos, por tipo, em 2023 (Figura 1). Da produção global total estimada de 413,8 Mt de plásticos, a maior parte é referente à produção de polietileno (PE-LD, LLD, HD, MD 26,2%), seguido de polipropileno (PP – 19,0%), de policloreto de vinila (PVC – 12,8%) e de polietileno tereftalato (PET – 6,2%). A reciclagem de plásticos foi responsável pela produção de 8,8% e os plásticos de base biológica e bioatribuídos representaram apenas 0,7% do total de plásticos produzidos (*Plastics Europe, 2024*).

Figura 1 - Produção global de plásticos por tipo de polímero em 2023



Fonte: adaptado de *Plastics Europe* (2024). PP (polipropileno), PE (polietileno), LD (baixa densidade), LLD (linear de baixa densidade), HD (alta densidade), MD (média densidade), PVC (policloreto de vinila), PET (polietileno tereftalato), PS (poliestireno), PS-E (poliestireno expandido), PU (poliuretano).

Os microplásticos (MP) são fragmentos de plásticos de dimensões reduzidas, tendo uma diversidade de definições em diferentes documentos. Hartmann *et al.* (2019) cita que a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos da América (NOAA, na sigla em inglês) foi pioneira em definir os MP como partículas plásticas com tamanho menor que cinco milímetros, mas esclarece que essa definição não teve como base uma justificativa científica clara, sendo baseada nos indícios dos efeitos dos MP nos ecossistemas.

A Agência Europeia de Químicos (*European Chemicals Agency* - ECHA, na sigla em inglês, 2020) apresenta uma definição de MP mais detalhada: microplásticos são partículas que contêm polímeros sólidos e, em que mais de 1% (peso/peso) de partículas tenham todas as dimensões entre

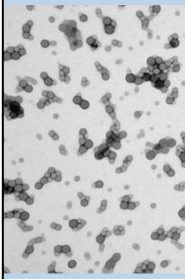




0,1 µm e 5 mm. No caso de fibras, devem apresentar um comprimento entre 0,3 µm e 15 mm e uma relação comprimento/diâmetro maior que três.

Por sua vez, a Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization* – ISO, na sigla em inglês, 2020) traz ainda uma proposta de classificação dos MP de acordo com seu tamanho:

- i) Microplástico: qualquer partícula de plástico sólido insolúvel em água, com qualquer dimensão compreendida entre 1 µm e 1.000 µm (=1 mm);
- ii) Microplástico grande: qualquer partícula de plástico sólido insolúvel em água com qualquer dimensão entre 1 mm e 5 mm; e
- iii) Nanoplástico: partículas de plástico menores que 1 µm.

A Figura 2 ilustra a classificação de resíduos plásticos por tamanho.

Figura 2 - Classificação de resíduos plásticos por tamanho das partículas

	<1 µm	5 mm	2.5 cm	>1 m	
	nano	micro	meso	macro	mega
					

Fonte: Kunz (2025).

Além da classificação por tamanho, segundo a ONU Meio Ambiente (*United Nations Environment*, 2018), os MP podem ainda ser divididos em duas categorias:

- i) Microplástico primário - usado para se referir a microplásticos fabricados originalmente para ter esse tamanho. Os microplásticos primários podem incluir microesferas, pós e *pellets* de plástico industrial; e
- ii) Microplástico secundário – partículas de plástico pequenas que resultaram da fragmentação e intemperismo de itens plásticos maiores no ambiente.

A Figura 3 apresenta exemplos de possíveis MP secundários encontrados em faixa de areia, no município de Bombinhas-SC.

Figura 3 - Possível presença de microplásticos em faixa de areia, destacados por círculos amarelos. Bombinhas-SC. Outubro/2024.



Fonte: autoria própria.

2.2 – Fontes de Microplásticos no Ambiente

As fontes de microplásticos no ambiente são variadas incluindo o descarte inadequado de plásticos maiores, como embalagens, sacolas e garrafas, que se fragmentam ao longo do tempo devido à ação de fatores ambientais como vento, chuva e radiação solar (Andrady, 2011). Além disso, as fibras sintéticas liberadas durante a lavagem de roupas feitas de poliéster, nylon e outros tecidos sintéticos representam uma fonte significativa de microplásticos, que acabam sendo lançados nos sistemas de esgoto e, posteriormente, nos corpos d'água (Browne *et al.*, 2011). Produtos cosméticos e de higiene pessoal, como esfoliantes e cremes dentais, com microesferas plásticas, também contribuem diretamente para a poluição por microplásticos, pois essas partículas são pequenas demais para serem filtradas pelas estações de tratamento de esgoto (Fendall e Sewell, 2009).

Outra fonte relevante de microplásticos é o desgaste de pneus automotivos, que gera partículas plásticas que se dispersam pelo solo, ar e águas superficiais, contribuindo com cerca de 5 a 10% da quantidade global total de plásticos que acabam nos oceanos (Kole *et al.*, 2017). *Pellets* plásticos (pequenos grânulos de plástico), usados como matéria-prima na indústria, frequentemente escapam durante o transporte e processamento, tornando-se uma fonte significativa de microplásticos primários no ambiente (Eriksen *et al.*, 2013).

De acordo com Dris *et al.* (2015), atividades urbanas e industriais, especialmente o funcionamento das redes de drenagem de águas pluviais e estações de tratamento de esgoto, são pontos críticos para a liberação e transporte de microplásticos para ambientes terrestres e aquáticos.

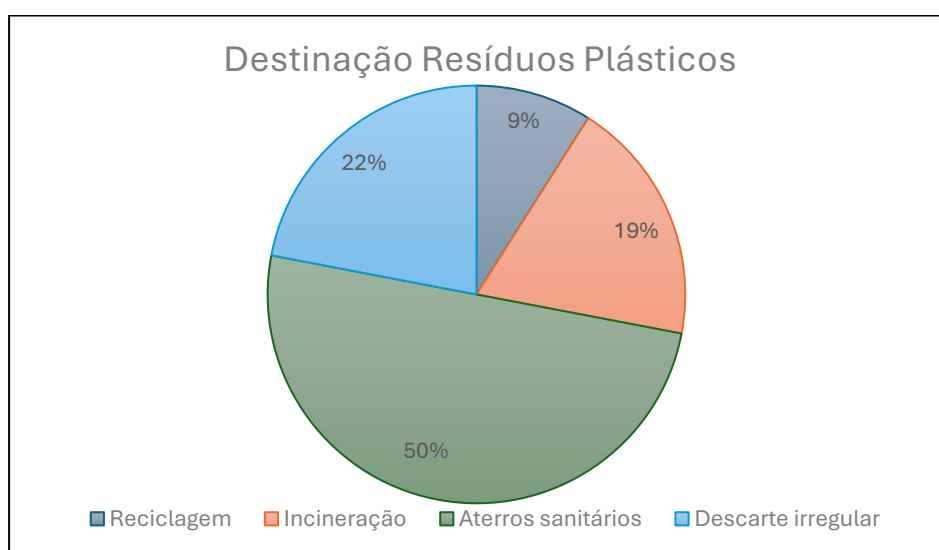
A Agência Europeia de Químicos (*European Chemicals Agency – ECHA, 2020*) cita que o desgaste de pneus, as perdas de *pellets* de pré-produção e a lavagem de roupas constituem as principais fontes de lançamento anual de microplásticos no ambiente. Nos oceanos, os MP podem chegar por meio da decomposição de itens plásticos descartados, oriundos de lixiviados de aterros sanitários, lodos de sistemas de tratamento de esgoto, partículas transportadas pelo ar, quebra de navios e perdas acidentais de cargas no mar (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - *United Nations Environment Programme, 2021*).

2.3 – Resíduos Plásticos

O descarte inadequado dos resíduos plásticos em lixões e aterros, e seu lançamento no ambiente, contribuem para a formação de microplásticos secundários através de processos de degradação física e química (Montagner *et al.*, 2021). Dos 200 bilhões de toneladas de resíduos sólidos gerados em 2016, em todo o mundo, os resíduos plásticos corresponderam a 12% do total (Kaza *et al.*, 2018).

Assim como o uso de materiais plásticos vem aumentando ao longo dos anos, a produção anual global de resíduos plásticos também aumentou, passando de 156 Mt em 2000 para 353 Mt em 2019 (aumento de 126%) (OCDE, 2022). Desses resíduos gerados, quase dois terços provêm de aplicações com vida útil inferior a cinco anos: embalagens (40%), produtos de consumo (12%) e têxteis (11%) (OCDE, 2022). A Figura 4 apresenta a destinação dos resíduos plásticos no mundo, em 2019.

Figura 4 - Destinação geral de resíduos plásticos no mundo - 2019



Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados de OCDE (2022).

Do total de resíduos plásticos gerados globalmente em 2019, apenas 9% foram reciclados, 19% foram incinerados e cerca de 50% foram para aterros sanitários. Os 22% restantes foram descartados inadequadamente (em lixões, queimados a céu aberto ou lançados no meio ambiente) (OCDE, 2022). Assim, a poluição plástica se tornou um problema sob o ponto de vista ambiental e socioeconômico, em razão, principalmente, da má gestão dos resíduos sólidos.

No contexto brasileiro, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n.º 12.305/2010, estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, incluindo a necessidade de elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), que deve conter metas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos (Brasil, 2010). O Planares, publicado em 2022, estabeleceu em sua meta 4 que o Índice de Recuperação de Resíduos (IRR - indicador que mede a porcentagem de resíduos sólidos que são reaproveitados, reciclados ou recuperados energeticamente) deve passar de 2,2% em 2020, para 48% em 2040, sendo que destes, 20% devem ser decorrentes do aumento na reciclagem (Brasil, 2022).

Com relação as embalagens plásticas, elas estavam abrangidas no sistema de logística reversa de Embalagens em Geral, regulamentado pelo Acordo Setorial assinado em 25 de novembro de 2015, com objetivo de garantir a destinação ambientalmente adequada das embalagens (Brasil, 2025b). Os sistemas de logística reversa são um dos instrumentos da PNRS, tendo sua definição estabelecida no art. 3º - inciso XII da Lei n.º 12.305/2010:

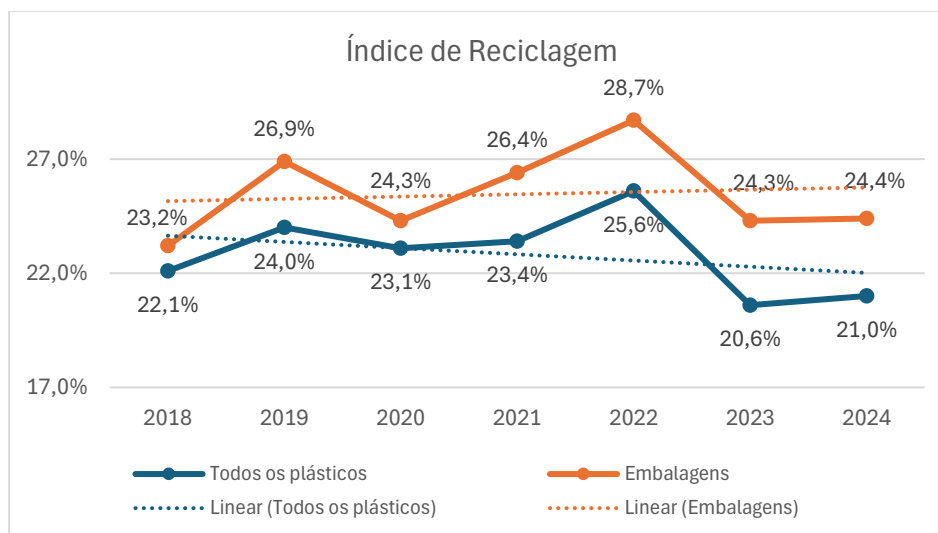
XII - logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Como resultado desse sistema de logística reversa, em 2023, do total de embalagens colocadas no mercado brasileiro (3.558.544 t) foram recuperadas 998.312 t, correspondendo a 28%, superando a meta estabelecida de 22% de recuperação de embalagens em geral (Brasil, 2025a; Coalizão Embalagens, 2024).

Em outubro de 2025 foi instituído o sistema de logística reversa de embalagens de plástico sob a responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, por meio do Decreto nº 12.688. Este regulamento estabelece os modelos de operação, institui a estruturação e implementação e, define as obrigações que deverão ser assumidas pelas empresas responsáveis. Além disso estabelece os percentuais mínimos para o índice de recuperação de embalagens de plástico (metas), que partem de 32% em 2026 a 50% em 2040, e metas para o índice de conteúdo reciclado incorporado às embalagens de plástico, que deve sair de 22% e chegar a 40% até 2040, em nível nacional (Brasil, 2025a).

Considerando apenas os resíduos plásticos, no Brasil, em 2023, estima-se que foram geradas 4.548 toneladas destes resíduos, sendo que o volume mais significativo foi de polietileno (PE - 33%), seguido por polipropileno e (PP - 20%), e polietileno tereftalato (PET - 18%) (Maxiquim, 2024). A evolução nos índices de reciclagem de plástico demonstra um desafio significativo em nosso país, conforme pode ser visualizado na Figura 5, que apresenta essa evolução para os plásticos em geral e para embalagens, no período entre 2018 e 2024.

Figura 5 - Índice de reciclagem de plásticos, pós consumo no Brasil, de 2018 a 2024



Fonte: elaborado pelo autor a partir de Maxiquim (2024) e Movimento Plástico Transforma (2025).

Enquanto para a reciclagem de embalagens há uma leve tendência de aumento no índice, para os plásticos em geral há uma leve tendência de queda. A queda nos índices de reciclagem de plásticos em 2023 pode ser explicada pela redução no preço do petróleo, o que tornou as matérias primas mais baratas que os materiais reciclados, reduzindo a demanda pela reciclagem (Maxiquim, 2024). Após retração em 2023, a indústria brasileira de reciclagem apresentou sinais de recuperação em 2024 (Movimento Plástico Transforma, 2025). A porcentagem maior de reciclagem de embalagens plásticas, pode ser resultado da logística reversa, implementada desde 2015 no Brasil, evidenciando sua importância.

2.4 – Políticas e Legislações para Redução da Poluição por Microplásticos

Considerando a diversidade de possíveis fontes de microplásticos no ambiente, a atuação legislativa pode ocorrer em diferentes frentes para reduzir a geração e o lançamento dessas partículas no ambiente. Thacharodi *et al.* (2024) comentam que as políticas e legislações adotadas para reduzir a contaminação por microplásticos diferem entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, citando como exemplo:

- Estados Unidos da América: Lei das Águas Livres de Microesferas/2015 - proíbe diretamente a fabricação, embalagem e venda de cosméticos com enxágue e medicamentos de venda livre contendo microesferas de plástico;
- Canadá: Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) – torna os fabricantes responsáveis por toda a vida útil de seus produtos;
- União Europeia: Diretiva de Plásticos de Uso Único - proíbe determinados produtos plásticos de uso único e estabelece padrões de reciclagem para garrafas plásticas;
- Ilhas Maurício, Ruanda e Quênia - Proibição total de sacolas plásticas descartáveis.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD, 2021*) apresenta que os têxteis e pneus liberam microplásticos durante seu ciclo de vida, o que abre caminhos para diferentes estratégias de redução dessas emissões:

Intervenções direcionadas à fonte, como o design e a fabricação sustentáveis de têxteis, pneus e produtos complementares (por exemplo, máquinas de lavar, detergentes para roupa, superfícies de estradas e veículos), para minimizar a tendência dos produtos de contribuir para a geração de microplásticos;

Intervenções orientadas para o uso, como a adoção de melhores práticas de uso (por exemplo, condução ecológica e melhores parâmetros de lavagem) e tecnologias de mitigação (por exemplo, filtros de microfibras), para reduzir lançamentos evitáveis em águas residuais e pontos de entrada difusos;

Intervenções de fim de vida, como esquemas de coleta seletiva e práticas de gerenciamento de resíduos, para evitar que resíduos vazem para o meio ambiente e contribuam potencialmente para a geração de microplásticos;

Intervenções de fim de tubo, como melhoria na gestão e tratamento de águas residuais, águas pluviais e escoamento rodoviário, para reter os microplásticos emitidos antes que cheguem aos corpos d'água (*Organisation for Economic Co-operation and Development, 2021*. Tradução própria).

Levantamento da ONU Meio Ambiente (*United Nations Environment, 2018*) destacou que a maior parte dos países que possuem legislação para controle de plásticos controla o uso de sacolas plásticas (66,1%), 14,1% publicaram legislação proibindo produtos específicos (pratos, copos, canudos, embalagens) e que apenas 4,2% dos países haviam estabelecido proibições sobre o uso de microesferas em produtos.

Na França, foi aprovada em 2020 uma lei que abrange reduções graduais e o término da comercialização de embalagens plásticas até 2040, além de obrigar a inclusão de filtro para retenção de microfibras de plástico em máquinas de lavar roupa novas, a partir de 2025 (Mandalho e Fonseca, 2023).

No Brasil, tramita na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei (PL) nº 6.528/2016, que busca proibir a manipulação, a fabricação, a importação e a comercialização de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumaria que contenham microesferas de plástico adicionadas intencionalmente (Mandalho e Fonseca, 2023). Em verificação feita em janeiro de 2025, foi possível averiguar que esse PL está tramitando desde 2016, tendo como últimas ações legislativas registradas a aprovação do parecer da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS), em junho de 2019, e a designação do Deputado Afonso Motta como relator na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJC), em dezembro de 2024 (Câmara dos Deputados do Brasil, 2025b).

Também está em tramitação na Câmara dos Deputados o PL nº 612/2007, que dispõe sobre o uso de sacolas plásticas biodegradáveis para acondicionamento de produtos e mercadorias. Este PL segue em tramitação, tendo como última ação legislativa a designação do Deputado Coronel Chrisóstomo como relator na CMADS, em junho de 2024. (Câmara dos Deputados do Brasil, 2025a).

Adicionalmente, alguns estados do Brasil vêm atuando para a redução do uso de sacolas plásticas, como o Amapá, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Pará, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Tocantins, que aprovaram legislação específica sobre seu uso (Ambipar, 2023). Outros estados possuem norma legal dispendo sobre a proibição do fornecimento de canudos confeccionados em material plástico: Acre, Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe (Ambipar, 2023).

2.5 – Comitê Intergovernamental de Negociação sobre Poluição Plástica - INC

Tendo em vista a preocupação global com relação ao uso de plásticos e suas consequências ambientais, a Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEA) aprovou a Resolução UNEA 5/14, em março de 2022, que criou o Comitê Intergovernamental de Negociação sobre Poluição Plástica (INC, na sigla em inglês) (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - *United Nations Environment Programme*, 2022). Assim, esse comitê foi incumbido de elaborar e aprovar um instrumento de caráter internacional, juridicamente vinculante, buscando reduzir a poluição por plásticos e suas consequências.

Até dezembro de 2025 foram realizadas seis reuniões do INC:

- i) INC-1: 28 de novembro a 2 de dezembro de 2022, em Punta del Este, Uruguai;
- ii) INC-2: 29 de maio a 2 de junho de 2023, em Paris, França;
- iii) INC-3: 13 a 19 de novembro de 2023, em Nairóbi, Quênia;
- iv) INC-4: 23 a 29 de abril de 2024, em Ottawa, Canadá;

- v) INC-5.1: 25 de novembro a 1 de dezembro de 2024, em Busan, Coréia do Sul;
- vi) INC-5.2: de 5 a 15 de agosto, em Genebra, Suíça.

A poluição por microplásticos encontra-se entre os temas abordados no INC, tendo sido produzidos alguns documentos relacionados ao seu controle, dos quais se pode destacar:

UNEP/PP/INC.1/7 - fornece as informações mais recentes disponíveis sobre a ciência da poluição plástica, para consideração do Comitê de Negociação Intergovernamental, incluindo entre seus tópicos dados relevantes sobre a produção e fontes de MP no ambiente;

UNEP/PP/INC.2/5 - relata os trabalhos da segunda sessão do INC, citando na eventual obrigação 4 que houve convergência sobre o efeito adverso dos microplásticos e apoio entre os membros para medidas para reduzir o vazamento de microplásticos.

UNEP/PP/INC.2/INF/4 - fornece informações adicionais com potenciais elementos para o instrumento internacional juridicamente vinculativo. Traz em sua seção C (anexo potencial) lista de fontes para limitar a liberação de microplásticos:

- i) Fontes potenciais de liberação de microplásticos **adicionados intencionalmente**:
 - a. Cosméticos;
 - b. Agentes de limpeza/detergentes;
 - c. Fertilizantes;
 - d. Produtos de higiene;
 - e. Produtos de cuidados pessoais.
- ii) Fontes potenciais de liberações **não intencionais** de microplásticos:
 - a. Estradas;
 - b. Pneus e poeira de pneus;
 - c. Têxteis sintéticos;
 - d. Tinta, tinta anti-incrustante;
 - e. Revestimentos marinhos;
 - f. Artigos de pesca;
 - g. Manuseio, armazenamento, transporte e processamento de pellets plásticos, flocos e pós plásticos;
 - h. Resíduos legados;
 - i. Instalações de tratamento de águas residuais;
 - j. Instalações industriais.

UNEP/PP/INC.3/4 - Texto preliminar zero do instrumento internacional juridicamente vinculante sobre poluição plástica. Em sua parte 2, seção 3, aborda os produtos plásticos problemáticos e evitáveis, incluindo produtos de plástico de curta duração e de utilização única e microplásticos adicionados intencionalmente.

Entre novembro e dezembro de 2024, foi realizada a primeira parte da 5ª sessão do INC, em Busan, Coréia do Sul, porém, não foi possível ainda aprovar o texto final do acordo. A segunda parte da quinta sessão (INC-5.2) foi realizada em agosto de 2025 em Genebra, Suíça, na qual também não foi obtido consenso em sua aprovação. Entre as questões em aberto, destacam-se o escopo e a ambição do tratado, especialmente medidas sobre a produção de plástico, produtos químicos preocupantes e a

concepção de mecanismo de financiamento e meios de implementação. Também persistem divergências se os controles deverão ser globalmente obrigatórios ou nacionais e voluntários (*World Economic Forum*, 2025).

Está prevista uma terceira reunião da quinta sessão do INC, a ser realizada em fevereiro de 2026. Após a renúncia do antigo Presidente do INC, sua Mesa Diretora concordou em convocar essa nova sessão extraordinária para fins organizacionais e administrativos, na qual não ocorrerão negociações substanciais (*United Nations Environment Programme*, 2025). Assim, não se vislumbra a conclusão desse importante tratado em curto prazo.

2.6 – Microplástico e Saúde Humana

Os plásticos, além de consequências para o ambiente, possuem efeito direto sobre os seres vivos, seja devido à ingestão, estrangulamento, aprisionamento ou toxicidade (Pastor e Agulló, 2020). Os microplásticos (MP) não são produtos químicos isolados ou substâncias bem caracterizadas, são partículas que variam em forma, tamanho e composição. Os riscos potenciais associados aos microplásticos podem ser classificados em três: risco físico, causado pelas partículas; risco químico, causado por monômeros, aditivos e produtos químicos absorvidos pelos MP; e risco biológico, causado por microrganismos aderidos à superfície das partículas, conhecidos como biofilmes (Organização Mundial da Saúde - *World Health Organization*, 2019).

Evidências apontam que os seres humanos estão frequentemente inalando e ingerindo microplásticos, por meio do ar, alimentos e da água, porém, o risco devido a essa exposição ainda é incerto devido à falta de dados sobre exposição e perigos potenciais (Vethaak, 2021). Segundo Sánchez *et al.* (2022), foram identificadas como vias principais de entrada de MP no corpo humano a inalação e a ingestão oral, sendo a ingestão de água uma das principais fontes de MP nos organismos humanos.

Estudos *in vitro* e *in vivo* indicam que microplásticos são capazes de causar impactos severos em seres humanos, incluindo estresse oxidativo, inflamações, danos físicos e necrose (Yee *et al.*, 2021). Além disso, a toxicidade de químicos aderidos à superfície dos MP, adsorvidos do meio ambiente ou de aditivos usados no processo de produção dos plásticos, levanta preocupações adicionais dos efeitos dos MP à saúde (Karbalaei *et al.*, 2021). A translocação (passagem através da mucosa e lâmina própria do trato digestório para os linfonodos mesentéricos e outros órgãos) de microplásticos através do intestino para o sistema linfático foi demonstrada em estudos envolvendo humanos (Revel; Châtel; Mouneyrac, 2018). Cruz e Almeida (2023) apresentam relatos de efeitos negativos para humanos e outros mamíferos sobre a saúde nos sistemas respiratório, hepático,

imunológico e gastrointestinal, em consequência da elevada exposição a essas partículas, dependendo do tipo, tamanho e quantidade dos plásticos expostos.

Estudo de Cox *et al.* (2019) estimou um consumo anual de microplásticos por seres humanos entre 39.000 e 52.000 partículas, dependendo da idade e do sexo. Quando considerada a inalação, esses números aumentam para 74.000 a 121.000 partículas por ano. Os autores destacaram ainda que pessoas que consomem exclusivamente água engarrafada podem ingerir anualmente um adicional de 90.000 MP, em comparação com apenas 4.000 microplásticos para aqueles que consomem somente água da torneira.

Casillas *et al.* (2023) conduziram uma revisão sobre a exposição humana a microplásticos, destacando que, apesar das evidências da presença generalizada de MP no ambiente e em alimentos, poucos estudos investigaram os efeitos na saúde humana. De 572 artigos analisados em sua revisão de literatura, apenas 11 avaliavam a exposição humana a esse contaminante. Os autores enfatizaram a necessidade de métodos padronizados para detecção e quantificação de MP em diferentes meios, bem como maiores pesquisas para compreender os mecanismos de toxicidade atrelados.

Os plásticos e seus constituintes podem ainda causar câncer em seres humanos. A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC, s. d.) inclui alguns materiais plásticos, componentes ou derivados em sua lista de classificação de carcinogênicos, como o cloreto de vinila, classificado no Grupo 1 (cancerígeno para o ser humano) e o estireno no Grupo 2A (provavelmente cancerígeno para os humanos). Estudo de Goerck (2023) estimou taxa de ingestão diária pelo consumo de água potável de 69 µg MP/dia, com quociente de risco (Qr) para os monômeros acrilamida, cloreto de vinila e óxido de propileno, indicando efeitos carcinogênicos.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization*, 2019), é possível que algumas partículas de plástico menores possam passar pela parede intestinal e se translocar para tecidos distantes da mucosa, embora isso possa não significar necessariamente um risco à saúde. Para uma avaliação mais robusta dos riscos dos microplásticos para a saúde humana, a OMS recomenda o preenchimento das seguintes lacunas de informação:

- É necessário entender melhor a ocorrência de microplásticos na água potável, com base em métodos de detecção e quantificação de alta qualidade e qualidade garantida. Os estudos devem incluir nanoplasticos quando métodos padrão estiverem disponíveis.
- Mais pesquisas são necessárias para entender a absorção e o destino dos microplásticos no trato gastrointestinal e a influência do tamanho, forma e composição química das partículas, particularmente em relação às menores partículas.
- Dados toxicológicos de qualidade garantida de modelos celulares e/ou animais experimentais são necessários para as formas mais comuns de partículas de plástico apropriadas para a avaliação de risco à saúde humana.
- É necessário mais conhecimento sobre as características das partículas plásticas que são mais preditivas de sua toxicidade.

- Uma melhor compreensão da biodisponibilidade de substâncias químicas associadas a microplásticos no trato gastrointestinal e em outros órgãos seria útil para refinar a avaliação da exposição (*World Health Organization*, 2019. Tradução própria).

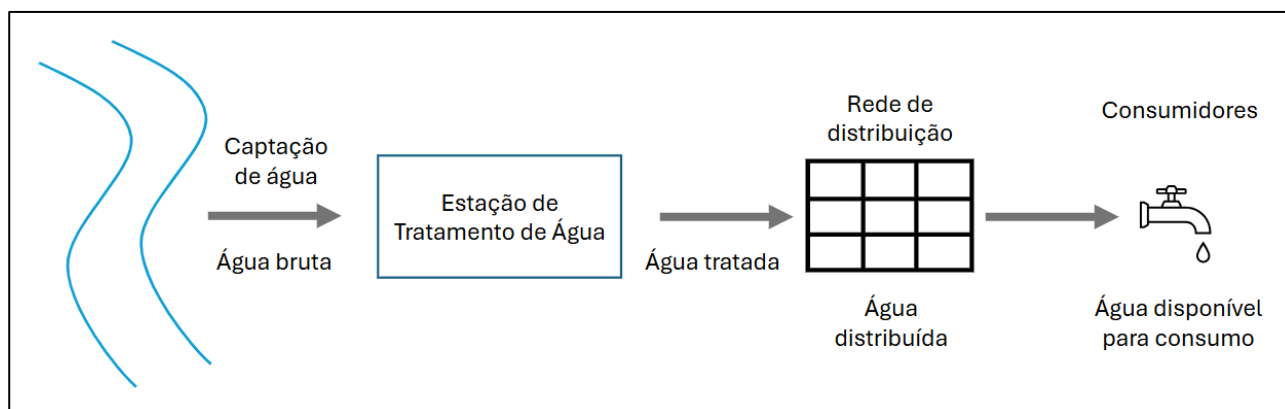
2.7 – Abastecimento e Tratamento de Água Potável

Para levar água de boa qualidade aos consumidores, faz-se necessária a utilização de sistemas de abastecimento de água. Estes sistemas são formados por conjuntos de equipamentos, infraestruturas e serviços para atender aos usos diversos. Em resumo, o ciclo de abastecimento de água é formado por cinco etapas principais: captação de água bruta, adução, tratamento, reservação e distribuição de água tratada (Brasil, 2020).

- Captação de água bruta - a água bruta captada em mananciais hídricos superficiais ou subterrâneos é conduzida por sistemas de adução a estações de tratamento de água (ETA);
- Adução - tubulação que liga a captação da água bruta à ETA, podendo ser feita por gravidade ou por bombeamento;
- Tratamento - a água bruta que chega nas ETA é submetida a processos físicos e químicos para remoção de impurezas;
- Reservação - a água tratada nas ETA é levada para reservatórios para ser armazenada, de modo a atender a variação de consumo e manter a pressão constante na rede; e
- Distribuição - dos reservatórios, a água é distribuída por redes públicas para as unidades consumidoras.

A Figura 6 apresenta o diagrama básico de um sistema de abastecimento de água potável, com seus principais componentes.

Figura 6 - Diagrama de um sistema de abastecimento de água potável



Fonte: elaborado pelo autor.

A captação da água bruta é feita nos mananciais, os quais têm grande participação nos sistemas de abastecimento de água, pois são as fontes naturais de onde se extrai a água para fins de abastecimento. Quanto à origem da água, os mananciais de abastecimento podem ser classificados em manancial superficial, manancial subterrâneo e águas meteóricas (Brasil, 2016).

- Mananciais superficiais - rios, lagos e barragens, por serem as águas naturais potabilizáveis mais acessíveis, permitem o conhecimento do seu regime e favorecem a captação.
- Mananciais subterrâneos - lençóis do subsolo ou aquíferos, fornecem água de qualidade satisfatória para uso imediato, principalmente os mais profundos, porém apresentam inconvenientes de uma exploração trabalhosa e dispendiosa.
- Mananciais de águas meteóricas - chuva, neve e granizo, por serem naturais e potabilizáveis podem ser admitidas, em condições especiais, nos serviços de abastecimento de pequenos volumes.

Após a captação nos mananciais, de acordo com as características das águas, faz-se o seu tratamento para distribuição pública. O tratamento de água para o consumo humano visa a retirada de contaminantes e de características que possam trazer malefícios pelo seu consumo. Assim, o processo de tratamento de água pode ser definido como um conjunto de manipulações da água, para que ela se torne adequada para o abastecimento público, com seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos atendendo aos padrões de qualidade definidos (Ferreira Filho, 2017).

As águas superficiais geralmente demandam tratamento devido a possíveis inadequações físicas e bacteriológicas. Exceção ocorre com águas de nascentes, que, com proteção das cabeceiras e cloração simples, podem se tornar seguras para o consumo. Já águas de grandes rios, mesmo captadas em áreas menos contaminadas e com qualidade química e bacteriológica aceitável, ainda exigem, minimamente, tratamento simplificado para garantir segurança (Brasil, 2017).

A Resolução Conama n.º 357/2005, norma que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento no Brasil, apresenta a seguinte classificação das águas doces, quando considerada sua destinação para o abastecimento humano:

- Classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

- Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; e
- Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado (Brasil, 2005).

Na Resolução Conama n.º 357/2005 são apresentadas também as definições dos tipos de tratamento de água citados em seu escopo:

- Desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;
- Tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;
- Tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH; e
- Tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário (Brasil, 2005).

As estações de tratamento de água possuem capacidade de redução na quantidade de microplásticos nas águas tratadas, com eficiência entre 40 e 95% na remoção de MP, sendo que as estações de tratamento convencional apresentam menor eficiência, em comparação com sistemas avançados de tratamento (Mao *et al.*, 2023).

As etapas que compõem o tratamento de água para distribuição têm eficiências variadas na remoção de MP. De acordo com Barreto (2024), a coagulação e sedimentação apresentam eficiência de remoção de 40,5 a 54,5%, floculação 4,3%, clarificação de 60 a 67%, filtração com areia com eficiência de 29 a 85%, filtração com carvão ativado granular apresenta eficiência entre 56,8 e 98% e a combinação de pré-ozonização com sedimentação atinge 76% de eficiência na remoção dos microplásticos. A filtração por membrana se apresenta como uma das tecnologias de tratamento mais eficazes na remoção de MP da água potável, devido aos tamanhos dos poros das membranas serem menores em comparação aos MP (Acarer, 2023).

No Brasil, os padrões de potabilidade da água vigentes foram estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, a qual alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017. Esta portaria define água potável como sendo a água que atende ao padrão de potabilidade estabelecido e que não oferece riscos à saúde. Adicionalmente, estabelece que água para consumo humano é definida como: “água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem” (Brasil, 2021).

2.8 – Microplástico em Águas Potáveis

A presença de microplásticos (MP) em águas destinadas ao consumo humano tem sido confirmada por diversos estudos (Pastor e Agulló, 2020; Mukotaka, Kataoka e Nihei, 2021; JRC, 2024). Em águas engarrafadas, as partículas de plástico podem ser causadas pelo material de embalagem ou processos de limpeza de garrafas reutilizáveis, já em águas de torneira, os MP podem ter origem na água bruta, nos processos de tratamento ou nos sistemas de distribuição (Oßmann, 2021).

O Centro Comum de Pesquisa da Comissão Europeia (*Joint Research Centre of the European Commission* - JRC, 2024) realizou análise de literatura englobando 21 artigos sobre a presença de MP em águas potáveis coletadas em instituições públicas e privadas, domicílios, áreas residenciais e comerciais, sistema de encanamento de cidades, hidrantes e chafarizes. Verificou-se grande variação nos resultados, com níveis médios mais baixos na Europa (0,0 a 0,6 partículas por litro) que na América (12 a 316 partículas por litro) e na Ásia (0,7 a 440 partículas por litro).

No Brasil, Ferraz *et al.* (2020) avaliaram as concentrações de MP na água bruta e potável do Rio dos Sinos (Rio Grande do Sul), obtendo média de 105,8 partículas por litro na água distribuída à população, com predominância de fibras. Teotônio (2020), ao analisar amostras de água de torneira na região do Plano Piloto (Brasília/DF), encontrou média de 351 partículas por litro. Estudo de Pratesi *et al.* (2021), realizado em águas coletadas de torneiras em Brasília/DF, detectou a presença de microplásticos em todas as 32 amostras analisadas, com valores médios encontrados de 438 partículas por litro no bairro Asa Norte e de 194 partículas por litro no bairro Asa Sul.

De acordo com Pastor e Agulló (2020), os resultados de estudos sobre a presença de MP em águas potáveis e engarrafadas são contraditórios, sendo a falta de padronização na definição e descrição dos microplásticos e dos métodos analíticos fatores limitantes para a comparação dos resultados.

2.9 – Metodologias de Detecção de Microplásticos em Águas

A identificação e a quantificação de microplásticos na água podem ser realizadas por diversas técnicas, dependendo dos objetivos da análise (quantidade de partículas, massa, composição química, tamanho). De acordo com o *Joint Research Centre of the European Commission* – JRC (2024), nenhuma técnica analítica pode ser considerada totalmente adequada para a identificação e quantificação de microplásticos na água potável. A escolha de determinada metodologia deve ser feita considerando os parâmetros críticos a serem monitorados, considerando a sensibilidade e a especificidade desejada. Além disso, fatores como a comparabilidade das medições obtidas em

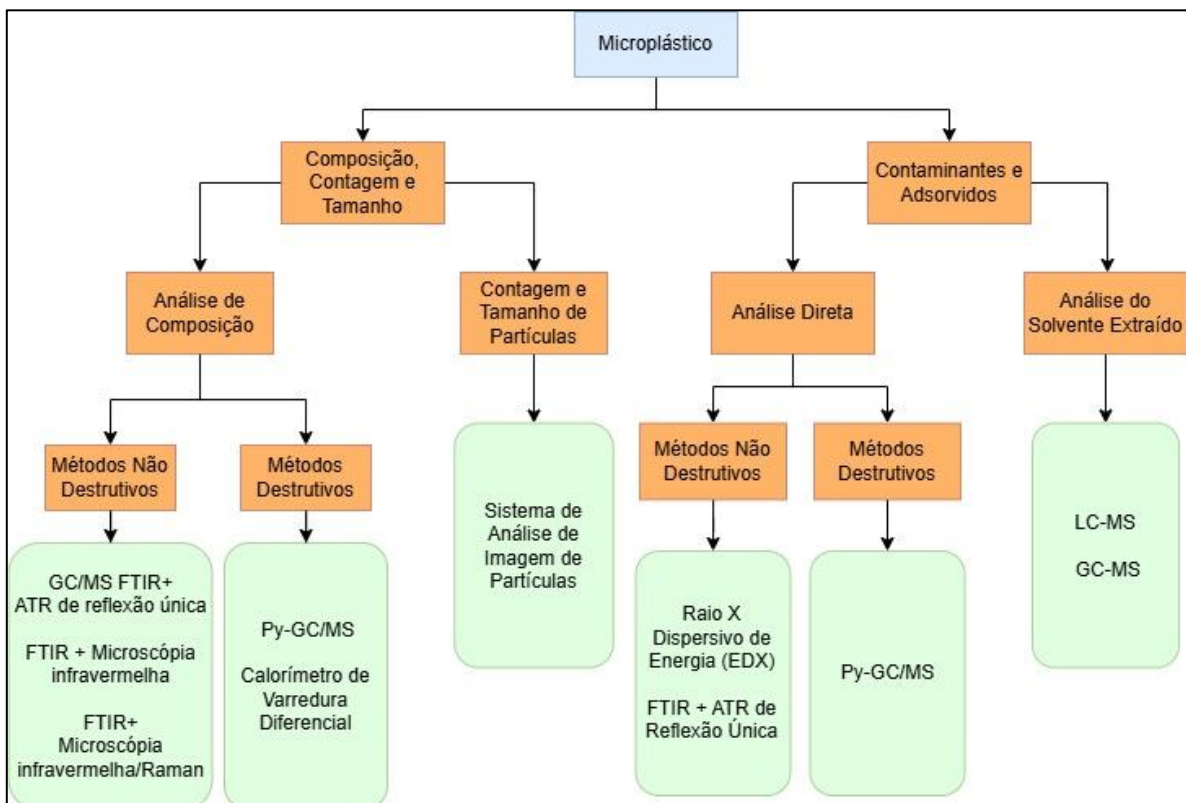
diferentes laboratórios, os custos de investimento e o custo por amostra também devem ser considerados.

Quando se consideram aspectos como especificidade, sensibilidade, disponibilidade, status de validação, custo e rendimento, pode-se reduzir as opções de técnicas instrumentais de detecção de MP em águas potáveis a três (JRC, 2024):

- i) microscopia de fluorescência - consiste na coloração preferencial de microplásticos com um corante absorvível por materiais hidrofóbicos, como plásticos, e que apresenta fluorescência quando iluminado por uma fonte de luz apropriada;
- ii) espectromicroscopia - combina a microscopia óptica para visualizar as partículas com a espectroscopia de infravermelhos ou a espectroscopia Raman como meio de identificar a composição de partículas individuais; e
- iii) técnicas termoanalíticas - baseadas na espectrometria de massa por cromatografia em fase gasosa (GC/MS). Consiste na pirólise da amostra e análise dos gases gerados por cromatografia gasosa (GC) e detecção por espectrometria de massa (MS).

A Figura 7 apresenta um fluxograma com alternativas de métodos de detecção de MP de acordo com as informações de interesse. A escolha de um método para análise de microplásticos deve visar equilíbrio entre precisão, tempo de análise e exigências tecnológicas (Maurizi *et al.*, 2023).

Figura 7 - Fluxo de trabalho para seleção de método de análise e medição para microplástico



Fonte: adaptado de Shimadzu (2024).

Em 2023, a Organização Internacional de Normalização publicou a norma ISO 24187, que trata dos princípios para a análise de microplásticos presentes no meio ambiente, incluindo a classificação das partículas por tamanho, a utilização de aparelhos específicos, a preparação de amostras e a determinação de quantidades representativas de amostra (Organização Internacional de Normalização - *International Organization for Standardization-ISO*, 2023).

Com relação aos métodos de análise de MP, a ISO 24187 traz uma série de métodos recomendados. Na Tabela 1 são apresentadas as técnicas mais comumente disponíveis em laboratórios comerciais para análise de MP e suas principais características (Rajala, 2024).

Tabela 1 - Métodos de análise de microplásticos (MP) especificados na ISO 24187

Método de análise	Informação obtida	Menor tamanho de partícula detectável	Vantagens	Desvantagens
Espectroscopia Raman (μ -Raman)	Número de partículas por faixa de tamanho e tipo de polímero	$\sim 1 \mu\text{m}$	Detecta uma ampla variedade de plásticos Sem interferência da água	Sem quantificação direta Fluorescência de materiais inorgânicos
Pirólise acoplada à cromatografia gasosa com detecção por espectrometria de Massa (py-GC/MS)	Fração mássica por tipo de polímero	$\sim 0,4 \mu\text{m}^{**}$	Quantificação direta	Sem informação sobre tamanho de partículas Capacidade limitada para detectar diferentes polímeros
Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (μ -FTIR)*	Número de partículas por faixa de tamanho e tipo de polímero	~ 5 a $10 \mu\text{m}$	Detecta uma ampla variedade de plásticos Sem Fluorescência de materiais inorgânicos	Sem quantificação direta Interferência da água
* O padrão também menciona ATR-FTIR e FPA-FTIR como possíveis configurações de FTIR				
** O método não detecta diretamente partículas individuais, mas a filtragem pode ser usada para medir a massa total de partículas plásticas pertencentes a determinadas faixas de tamanho. Em teoria, não há limite inferior para o tamanho das partículas, mas, na prática, filtros com um tamanho mínimo de poros de $0,4 \mu\text{m}$ são usados durante a preparação da amostra.				

Fonte: adaptado de Rajala (2024a).

Verifica-se que os métodos analíticos apresentam aplicações específicas, enquanto os métodos espectroscópicos (Raman e FTIR) possibilitam obter o número de partículas por faixa de tamanho e tipo de polímero, o método de pirólise (py-GC/MS) permite apenas a obtenção da massa de polímero, por tipo, presente nas amostras.

A Organização Internacional de Normalização está em processo de elaboração de uma norma ISO específica para análise de microplástico na água, a ISO/DIS16094, que será dividida em duas partes:

- i) Métodos de espectroscopia vibracional para águas com baixo teor de sólidos em suspensão, incluindo água potável; e
- ii) Métodos termoanalíticos para águas com baixo teor de sólidos em suspensão, incluindo água potável.

Na Tabela 2 são apresentadas as principais características dos métodos de análise de microplásticos conforme os documentos em preparação pela ISO, ISO 16094-2 e ISO 16094-3.

Tabela 2 - Características dos métodos de análise de microplásticos (MP) especificados nas ISO 16094-2 e 16094-3

Norma	Método de análise	Tamanho de partícula detectável	Polímeros identificáveis	Informações obtidas	Tipo de amostra
ISO 16094-2 (Métodos Espectroscópicos)	FTIR e Raman com microscopia óptica	Raman: 1-10 μm FTIR: 10-20 μm Limite superior: 5.000 μm	PE, PP, PET, PC, PS, PTFE, PVC, PA, PMMA, PU	Tamanho das partículas Número de partículas Classificação por tamanho Composição do plástico Identificação de outras partículas	Água limpa filtrada
ISO 16094-3 (Métodos Termoanalíticos)	TED-GC/MS e py-GC/MS	Incapaz de determinar tamanho de partícula	TED-GC-MS: PE, PP, PS, PET py-GC-MS: PE, PP, PS, PET, PVC, PC, PMMA, ABS, PA6, PA66	Fração mássica de plástico Tipos de polímeros presentes	Resíduo de filtração ou partículas individuais

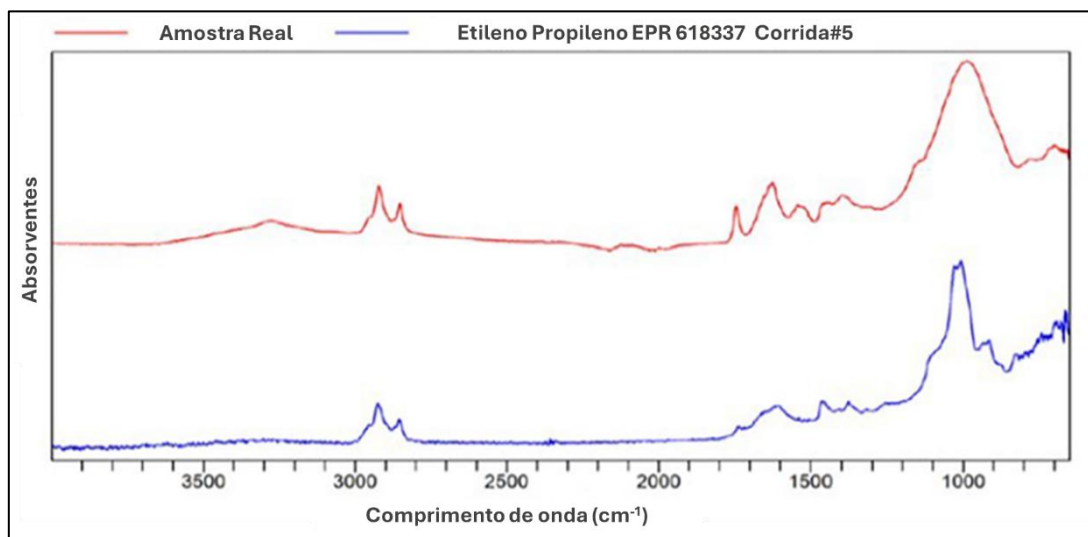
Fonte: adaptado de Rajala (2024b).

A publicação de normas ISO específicas para métodos de análise de microplásticos é importante, pois permite a padronização dos métodos de detecção e quantificação de microplásticos na água. Atualmente, diferentes laboratórios e pesquisadores utilizam metodologias variadas, o que dificulta a comparação de resultados entre estudos e regiões.

Munno (2020) explica que o método FTIR mede a absorção de radiação quando a frequência da radiação incidente corresponde à vibração de uma molécula, permitindo que a molécula seja promovida a um estado excitado. Um espectro é produzido e os picos do espectro indicam a energia da radiação absorvida pela molécula. A Figura 8 exemplifica uma análise com uso de Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com Refletância Total Atenuada (ATR-FTIR). Já na espectroscopia Raman, uma fonte de laser monocromática colide com uma amostra e os fótons

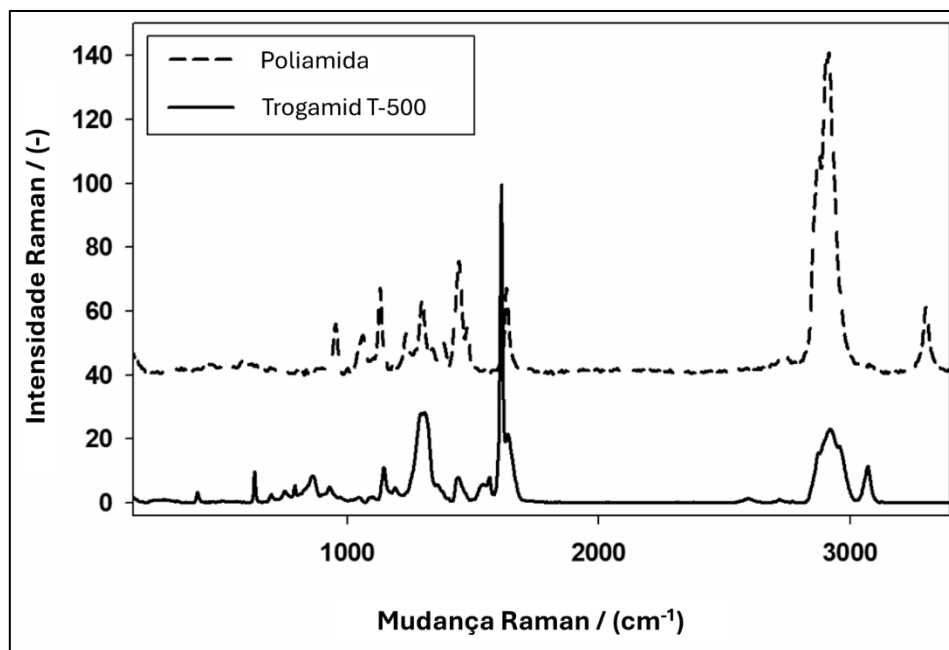
espalhados resultantes são coletados. A maioria dos fótons resultantes é espalhada elasticamente, mas um pequeno número de fótons é espalhado inelasticamente. A mudança correspondente na energia do fóton espalhado inelasticamente da energia do laser corresponde a um modo vibracional na molécula. A Figura 9 apresenta um exemplo do resultado da identificação de amostra com a técnica Raman.

Figura 8 - Exemplo de Identificação de microplástico usando espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com Refletância Total Atenuada. Em vermelho, resultado da análise da amostra. Em azul, padrão de comparação do Etileno Propileno.



Fonte: adaptado de Buyukunal, Koluman e Muratoglu (2023).

Figura 9 - Exemplo de Identificação de microplásticos usando Raman. Espectros Raman de poliamida comum (linha tracejada, superior) e Trogamid T-5000 (linha contínua, inferior).



Fonte: adaptado de Pittroff *et al.* (2023).

Buscando comparar os resultados obtidos com a utilização das espectroscopias FTIR e Raman na quantificação e caracterização de microplásticos, De Frond *et al.* (2022) conduziram estudo

interlaboratorial, com a participação de 22 laboratórios, em seis países. Concluíram que ambas as espectroscopias FTIR e Raman foram eficazes na identificação de partículas microplásticas, mas com diferença no desempenho com base no tamanho das partículas. Enquanto o método FTIR pôde identificar com precisão os tipos de polímeros para partículas em frações de tamanho acima de 20 μm , o método Raman conseguiu identificar partículas em frações de tamanho acima de 1 μm .

Maurizi *et al.* (2023) analisaram o teor de MP de amostras de água potável de uma estação de tratamento de água dinamarquesa com aplicação das técnicas de μFTIR e μRaman , comparando os resultados obtidos. As análises com o método μFTIR forneceram valores mais baixos (~ 150 vezes) de contagens de MP nas amostras de água potável do que as investigadas com a técnica de μRaman . Foi demonstrado que, idealmente, a metodologia μRaman deve ser utilizada para quantificar os MP abaixo de 50 μm , enquanto a técnica μFTIR se revelou mais adequada para MP acima de 50 μm . O tamanho das partículas é uma questão a ser considerada na amostragem de água potável, pois os sistemas de tratamento normalmente retêm partículas acima de 20 μm e o alvo principal são partículas menores (De Frond *et al.*, 2022).

Outro método analítico para detecção de MP em águas trata-se da pirólise acoplada à cromatografia gasosa com detecção por espectrometria de massa (Py-GC/MS). Consiste na quebra dos polímeros orgânicos em seus componentes menores, por meio de degradação térmica em atmosfera inerte (pirólise), com posterior separação dos produtos dessa quebra com base nos pesos moleculares (cromatografia gasosa), seguido de sua detecção e identificação (espectrometria de massa) (Roscoe; Mercante; Salton, 2006). Segundo Dalmau-Soler, Boleda e Lacorte (2024), o método termoanalítico baseado em Py-GC/MS é promissor para a análise de rotina de MP na água, apresentando como vantagens a possibilidade de análise de amostras com partículas de até 1 μm (ou menores, pois o tamanho das partículas é limitado apenas pelo poro do filtro usado), além de ser um método rápido (levando de 20 a 30 minutos por análise cromatográfica) e de fornecer a quantificação de MP em massa, independentemente do tamanho das partículas.

Verifica-se que os microplásticos constituem um poluente emergente de preocupação global, sendo que atualmente não há regulamentação específica no Brasil voltada para seu controle ou redução. Essa pesquisa visa trazer luz ao tema, relatando o que os estudos sobre a presença de MP em águas potáveis ao redor do mundo revelam e que medidas regulatórias os governos têm tomado para atuar sobre esse contaminante. Essas informações poderão auxiliar no desenvolvimento de pesquisas e medidas regulatórias no Brasil.

3 – OBJETIVOS

3.1 – Objetivo Geral

Sistematizar evidências científicas sobre ocorrência de microplásticos em água potável, comparar modelos regulatórios internacionais e propor diretrizes técnicas para subsidiar a elaboração de norma brasileira.

3.2 – Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão sistematizada de literatura sobre microplásticos em águas potáveis;
- Analisar criticamente as concentrações de MP reportadas, métodos de análise e eficiência de remoção em ETA dos estudos;
- Mapear e analisar normativas internacionais relacionadas aos microplásticos em água potável; e
- Elaborar diretrizes preliminares para subsidiar o desenvolvimento de normativa brasileira sobre microplásticos em água potável.

4 – MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi elaborado com base em pesquisa bibliográfica de estudos sobre a presença de microplásticos em água potável e pesquisa documental de normas relacionadas ao controle e redução de microplásticos em águas potáveis, baseando-se nos pressupostos da pesquisa qualitativa.

De acordo com Creswell (2014), caracteriza-se como pesquisa qualitativa o processo de pesquisa que envolve questões e procedimentos emergentes, análise de dados indo de questões particulares a temas gerais, com o pesquisador desenvolvendo interpretações sobre o significado dos dados.

Segundo Oliveira (2008), a pesquisa bibliográfica é uma modalidade da análise de documentos de domínio científico, como livros, periódicos, artigos científicos, entre outros. Destaca-se por ser um estudo direto das fontes científicas.

A análise documental, por sua vez, é uma metodologia de investigação para o exame e a compreensão do teor de documentos, visando obter as informações mais relevantes para alcançar os objetivos de determinada pesquisa. Essa análise pode ser feita a partir de diferentes documentos, sendo ampla a definição do que se entende por documento, incluindo leis, fotos, vídeos, jornais etc (Lima Júnior, 2021).

A pesquisa documental é semelhante à pesquisa bibliográfica, diferenciando-se na natureza das fontes consultadas. Enquanto a pesquisa bibliográfica usa as contribuições de autores diversos sobre determinado tema, na pesquisa documental são analisados materiais que não passaram ainda por tratamento analítico (documentos primários) (Gil, 2002).

4.1 – Revisão Sistematizada de Literatura - Microplástico em Águas Potáveis

Para fins desse estudo, considerou-se como “águas potáveis” aquelas aptas para o consumo humano e fornecidas por meio de sistemas públicos de abastecimento de água.

Foram utilizados os seguintes repositórios de artigos científicos para a pesquisa: Google Acadêmico, Pubmed, SciELO, *Science Direct* e *Web of Science*. Para filtragem inicial, realizou-se a pesquisa de estudos que continham em seus títulos as seguintes palavras-chave: "microplásticos" E "água potável" OU "água de consumo" OU “água de torneira” e seus equivalentes em inglês (*potable water, drinking water, consumption water e tap water*).

Foram utilizados como critérios para inclusão no estudo:

- i) estudos publicados entre 2015 e novembro de 2025;

- ii) pesquisas que investigaram microplásticos em água potável; e
- iii) artigos publicados em português ou inglês.

Não foram incluídos na análise:

- i) pesquisas focadas em outros tipos de água (águas residuais, água salgada, entre outros);
- ii) artigos de revisão ou meta-análises.

Após seleção inicial, os estudos que não atenderam aos critérios de inclusão foram excluídos. Na sequência, foi realizada a leitura completa das pesquisas para confirmar sua relevância e a aderência aos objetivos do estudo. Nesta etapa, foram coletados dados específicos sobre metodologias empregadas, resultados obtidos e conclusões apresentadas pelos autores.

A síntese dos resultados foi realizada por meio de análise qualitativa, comparando os métodos de detecção de microplásticos utilizados, as concentrações encontradas, as limitações dos estudos e suas recomendações.

4.2 – Pesquisa Documental – Normas sobre Microplástico em Águas Potáveis

Com relação ao levantamento de normas relacionadas ao controle de microplásticos (MP) em águas potáveis, foi realizada a importação do banco de dados de políticas do portal *Plastics Policy Inventory* (Inventário de Políticas de Plásticos), mantido pelo *Nicholas Institute for Energy, Environment & Sustainability at Duke University* (<https://nicholasinstitute.duke.edu/plastics-policy-inventory/downloads>). O Inventário de Políticas de Plásticos é um banco de dados pesquisável de documentos de políticas públicas voltados para a poluição plástica, contendo documentos datados a partir de 1º de janeiro de 2000 e atualizado até dezembro de 2023.

Foi realizada a busca nesse banco de dados referente às legislações voltadas aos MP em águas potáveis, por meio da busca pelas palavras-chave “microplásticos” E “água potável” OU “água de consumo” OU “água de torneira”. Após a seleção das normas relevantes para a pesquisa, foi realizada a síntese e a comparação de seus escopos, buscando evidenciar seus pontos principais.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Revisão Sistematizada de Literatura sobre Microplástico em Águas Potáveis

A pesquisa bibliográfica foi realizada inicialmente em agosto de 2024 e complementada em novembro de 2025, resultando na seleção inicial de 249 estudos. Após, fez-se a leitura de seus resumos para avaliar se o conteúdo era aderente ao tema da presente pesquisa e foram selecionados aqueles que atenderam aos critérios de inclusão. A Tabela 3 apresenta a síntese da seleção de estudos.

Dos quatro repositórios de revisão sistematizada, o *Science Direct* representou o maior número de estudos selecionados para avaliação inicial na pesquisa (105 estudos). Os outros dois repositórios, Pubmed e *Web of Science*, apesar de identificar um número intermediário de estudos, com 58 e 72 estudos respectivamente, destes, apenas 26 foram considerados aderentes ao tema da pesquisa. A pesquisa no Google Acadêmico, por sua vez, resultou na seleção de 14 estudos, dos quais somente quatro foram analisados. A pesquisa das palavras-chave no repositório SciELO, com base na metodologia apresentada, não retornou estudos para avaliação.

Tabela 3 - Síntese do resultado da pesquisa de estudos para revisão de literatura referente aos microplásticos em águas potáveis. Período de busca: estudos publicados entre 2015 e novembro de 2025.

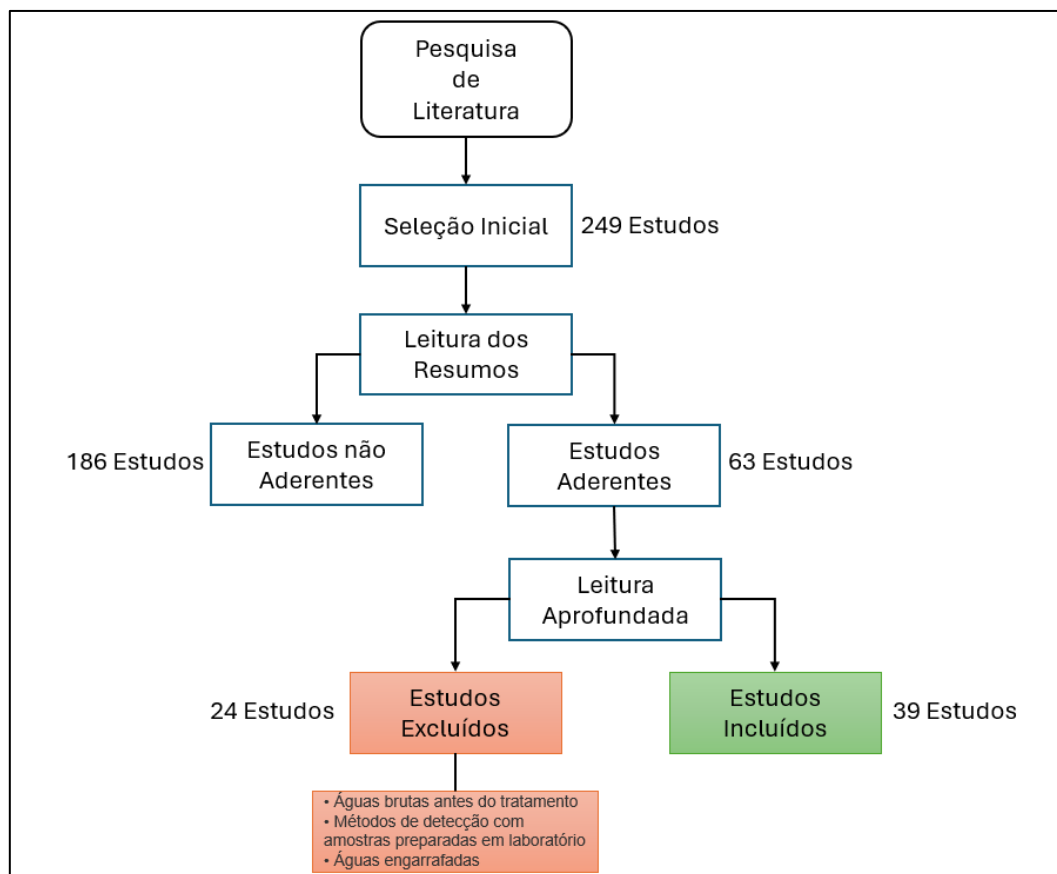
Repositórios	Palavras-chave	Estudos Identificados	Estudos Analisados
<i>Science Direct</i> *	microplástico; água potável	91	26
	microplástico; água de consumo	3	2
	microplástico; água de torneira	11	5
	subtotal	105	33
Pubmed*	microplástico; água potável	50	6
	microplástico; água de consumo	0	0
	microplástico; torneira água	8	2
	subtotal	58	8
<i>Web of Science</i> *	microplástico; água potável	58	14
	microplástico; água de consumo	1	0
	microplástico; água de torneira	13	4
	subtotal	72	18
Google Acadêmico	microplástico; água potável	6	2
	microplástico; água de consumo	6	0
	microplástico; água de torneira	2	2
	subtotal	14	4
SciELO	...	0	0
Total		249	63

*palavras-chave pesquisadas em inglês

Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 10 apresenta, em forma de fluxograma, o processo de seleção e quantitativos dos estudos incluídos nessa pesquisa.

Figura 10 - Fluxograma da revisão de literatura



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme informações apresentadas na Figura 10, houve a seleção de 63 estudos para avaliação aprofundada, o que correspondeu a somente 25% do universo de estudos obtidos na pesquisa inicial. Após a leitura aprofundada, verificou-se que 24 (10%) não avaliaram a presença das partículas nas águas distribuídas à população, pois tinham como objetivo apenas a verificação de MP em águas brutas (antes do tratamento) ou eram voltados ao estudo dos métodos de detecção com a utilização de amostras preparadas em laboratório. Assim, esses estudos não foram objeto de análise na presente pesquisa, por não atenderem aos critérios de seleção definidos na metodologia. Também foram excluídos quatro estudos que avaliavam somente a presença de MP em águas engarrafadas, resultando em um total de 39 estudos incluídos na presente revisão de literatura (16% do universo de estudos obtidos na pesquisa inicial).

Revisões sistemáticas de literatura realizadas anteriormente demonstram o escopo limitado da pesquisa qualificada neste campo. Danopoulos, Twiddy e Rotchell (2020) conduziram uma revisão sistemática abrangente de microplásticos na água potável, selecionando inicialmente 2.467 estudos, dos quais apenas 12 atenderam aos critérios de inclusão definidos - uma taxa de inclusão de apenas 0,49%. Estudos de avaliação da qualidade de pesquisas também demonstram situação parecida. Koelmans *et al.* (2019) avaliaram 50 estudos sobre microplásticos em água doce e potável usando

critérios de qualidade abrangentes, dos quais nenhum alcançou a pontuação máxima possível e apenas quatro (8% dos estudos) receberam pontuações positivas para todos os critérios de qualidade propostos.

A Tabela 4 apresenta o resumo dos estudos avaliados, destacando suas características principais. Após essa tabela, são apresentados os resultados da análise detalhada dessas pesquisas.

Tabela 4 - Síntese dos resultados encontrados na revisão de literatura, apresentado as características principais dos estudos (local, fonte de água coletada, tamanho de amostra, concentração, tamanho e forma predominante dos microplásticos)

Referência	Área de estudo	Fonte de água	Tamanho da amostra	Método de análise	Concentração em água potável ¹ (partículas/L)	Forma predominante
Pivokonsky et al., 2018	República Tcheca	Bruta, Tratada	54	Microscopia eletrônica de varredura (SEM)	443 ± 10 ETA1	Fragmentos
				Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ-FT-IR)	338 ± 76 ETA2	
				μ-Raman	628 ± 28 ETA3	
					Média 470	
Ferraz et al., 2020	Rio Grande do Sul, Brasil	Bruta, Torneira	32	Microscopia de fluorescência	2 a 459 Média 105,8	Fibras
Lam et al., 2020	Hong Kong	Torneira	110	Microscopia óptica	0 a 8,6 Média 2,181 ± 0,165	Fibras
Pivokonsky et al., 2020	República Tcheca	Bruta, Tratada	24	Microscopia eletrônica de varredura (SEM)	14 ± 1 151 ± 4	Fragmentos
				μ-Raman	Média 82,5	
Shruti; Perez-Guevara; Kutralam-Muniasamy, 2020	Cidade do México, México	Fontes públicas (estações de metrô)	42	Microscopia óptica		Fibras
				Microscopia eletrônica de varredura acoplada à espectroscopia de energia dispersiva (SEM-EDS)	5 ± 2 a 91 ± 14 Média geral 18 ± 7	
				μ-Raman		
Teotônio, 2020	Brasília, Brasil	Torneira	31	Microscopia de fluorescência	Média 351	NI
Tong et al., 2020	China	Torneira	38	Microscopia de fluorescência μ-Raman	0 a 1247 Média 440 ± 275	Fragmentos

Referência	Área de estudo	Fonte de água	Tamanho da amostra	Método de análise	Concentração em água potável ¹ (partículas/L)	Forma predominante
Feld et al., 2021	Dinamarca	Torneira	17	Microscopia óptica Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ -FT-IR)	0,31 \pm 0,14 LOQ* 0,88	Fibras
Gomiero et al., 2021	Noruega	Bruta, Tratada, Distribuída	12	Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas por pirólise (Py-GC-MS)	0,0061 a 0,0931 (μ g/L)	NI
Kirstein et al., 2021	Skåne, Suécia	Tratada	15	Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas por pirólise (Py-GC-MS) Microscopia óptica Microespectroscopia infravermelha (μ -FT-IR)	0 a 1,22 Média 0,174 \pm 0,405	Fragmentos
Mukotaka; Kataoka; Nihei, 2021	Ásia, América, Europa	Torneira	42	Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ -FT-IR)	1,9 a 225 Médias 27 - Ásia 46 - EUA 66 - Europa	Fragmentos
Pittroff et al., 2021	Baden-Wurtemberg, Alemanha	Bruta, Tratada, Torneira	6	μ -Raman	0,066 \pm 0,076 LOQ ² 1,88	NI
Pratesi et al., 2021	Brasília, Brasil	Torneira	32	Microscopia de fluorescência	194 \pm 110 Asa Sul 438 \pm 316 Asa Norte Média 316	NI
Weber et al., 2021	Rüsselsheim, Alemanha	Torneira	14	μ -Raman	0	NI
Bäuerlein et al., 2022	Países Baixos	Bruta, Tratada, Torneira	6	Microscopia óptica Infravermelho Direto à Laser (LDIR)	0,2 a 1,6 Média 0,9	Fragmentos
Moraczewska-Majkut; Nocoń, 2022	Polônia	Torneira	15	Microscopia óptica	0,078 a 8,2 Média 2,01	Fibras e Fragmentos

Referência	Área de estudo	Fonte de água	Tamanho da amostra	Método de análise	Concentração em água potável ¹ (partículas/L)	Forma predominante
Shruti et al., 2022	Cidade do México, México	Fontes públicas (quiosques)	22	Microscopia óptica	23 ± 11,31 a 202 ± 28,39 Média 74,18 ± 48,76	Fibras
				Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com Refletância Total Atenuada (ATR-FTIR)		
Tse; Chan; Sze, 2022	Hong Kong	Torneira, Engarrafada	12	Microscopia de fluorescência	1–10 µm - média 1384	Fragmentos
				Citometria de fluxo	10–50 µm - média 380 ≥50 µm - média 15 Média geral - 1776	
Yadav; Sethulekshmi ; Shriwastav, 2022	Mumbai, Índia	Torneira	35	Microscopia óptica	48 a 428 Média 127,4	Fragmentos, grânulos
Alonso-Vázquez et al., 2023	NI	Tratada	3	Microscopia de fluorescência	27 a 58 Média 40,33	Fibras
				Microscopia óptica Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (µ-FT-IR) µ-Raman		
Buyukunal; Koluman; Muratoglu, 2023	Istambul, Turquia	Torneira, Engarrafada	100	Microscopia eletrônica de varredura (SEM)	10 a 390 Média 188	Fragmentos
Maurizi et al., 2023	Dinamarca	Bruta, Tratada	10	Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (µ-FT-IR)	0,1 a 5,6 µRaman Média 0,00696 ± 0,00227 µFTIR	Fragmentos
				µ-Raman	Média 1,4 ± 1,3 µRaman	
Taghipour et al., 2023	Zaheda, Iran	Bruta, Tratada, Torneira	18	Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (µ-FT-IR) µ-Raman	0,075-0,4 Média 0,2	Fragmentos

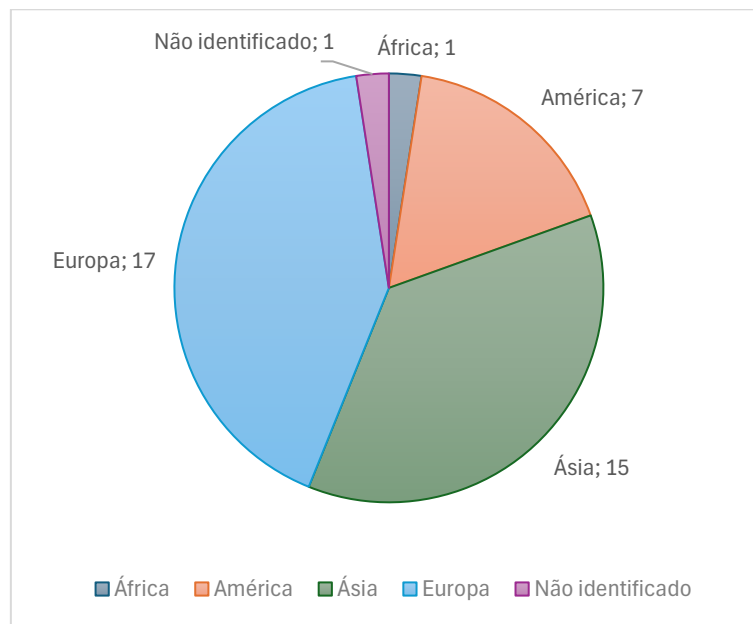
Referência	Área de estudo	Fonte de água	Tamanho da amostra	Método de análise	Concentração em água potável ¹ (partículas/L)	Forma predominante
Zhou <i>et al.</i> , 2023	Chongqing, China	Bruta, Tratada, Torneira	8	Microscopia óptica, Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ -FT-IR)	Média 1,4	Fragmentos
Barchiesi <i>et al.</i> , 2024	Itália	Tratada	5	μ -Raman	5 a 17 Média 9	Fibras
Cordeiro <i>et al.</i> , 2024	Lisboa, Portugal	Tratada	18	Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ -FT-IR)	48 a 550 Média 196	Fragmentos
Dalmau-Soler; Boleda; Lacorte, 2024	Barcelona, Espanha	Torneira	1	Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas por pirólise (Py-GC-MS)	11,3 (μ g/L)	NI
Han <i>et al.</i> , 2024	China	Bruta, Tratada	2	μ -Raman	732 a 1.200 Média 966	NI
Li <i>et al.</i> , 2024	China	Bruta, Tratada, Torneira	147	μ -Raman	1,2 a 5,2 Média 3,2	Fragmentos
Ramaremissa; Tutu; Saad, 2024	Gauteng, África do Sul	Torneira	30	Microscopia óptica Microscopia eletrônica de varredura (SEM) μ -Raman	4,7 a 31 Média 14 \pm 5,6	Fibras
Xu C. <i>et al.</i> , 2024	China	Bruta, Torneira	9	Infravermelho Direto à Laser (LDIR)	197,40 a 502,82 Média 297,23	Fragmentos
Xu, Y., <i>et al.</i> , 2024	China	Bruta, Tratada	NI	Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas por pirólise (Py-GC-MS)	0,77 (μ g/L)	NI
Dalmau-Soler; Boleda; Lacorte, 2025	Barcelona, Espanha	Bruta, Tratada, Distribuída	21	Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas por pirólise (Py-GC-MS)	0,49 (μ g/L)	NI

Referência	Área de estudo	Fonte de água	Tamanho da amostra	Método de análise	Concentração em água potável ¹ (partículas/L)	Forma predominante
Exposito et al., 2025	Catalunha, Espanha	Bruta, Tratada	20	Microscopia óptica	0,02 a 0,06 Média 0,04	Fibras
				Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ-FT-IR)		
Exposito et al., 2025	Catalunha, Espanha	Bruta, Tratada	20	Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com Refletância Total Atenuada (ATR-FTIR)	0,02 a 0,06 Média 0,04	Fibras
Han et al., 2025	China	Bruta, Tratada, Distribuída	NI	μ-Raman	1.012 a 1.237 Média 1.146	NI
Prasertboonyai et al., 2025	Rayong, Tailândia	Bruta, Tratada	NI	Microscopia óptica	0,51 a 11,2 Média 6,2	Fragmentos
				Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ-FT-IR)		
Rodríguez-Barroso et al. 2025	Cádiz, Espanha	Bruta, Tratada, Distribuída	NI	Microscopia eletrônica de varredura (SEM)	Média 333	Fragmentos
				Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ-FT-IR)		
Seay et al., 2025	Michigan, EUA	Bruta, Tratada	6	Microscopia eletrônica de varredura (SEM)	378	Fragmentos
				μ-Raman		
Zhou et al., 2025	China	Bruta, Tratada, Torneira	30	Espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (μ-FT-IR)	0,7 a 6,1 Média 2,5	Fragmentos
				Microscopia eletrônica de varredura (SEM)		

Notas: 1 - Água apta para consumo humano; 2 - LOQ – limite de quantificação do método; NI – não identificado
Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 11 apresenta em forma de gráfico o continente de origem das amostras de águas analisadas nos estudos presentes nessa revisão de literatura.

Figura 11 - Quantidade de estudos sobre microplástico (MP) em águas potáveis, por continente, considerando a origem das amostras analisadas. Universo de dados: 41 origens de amostras.



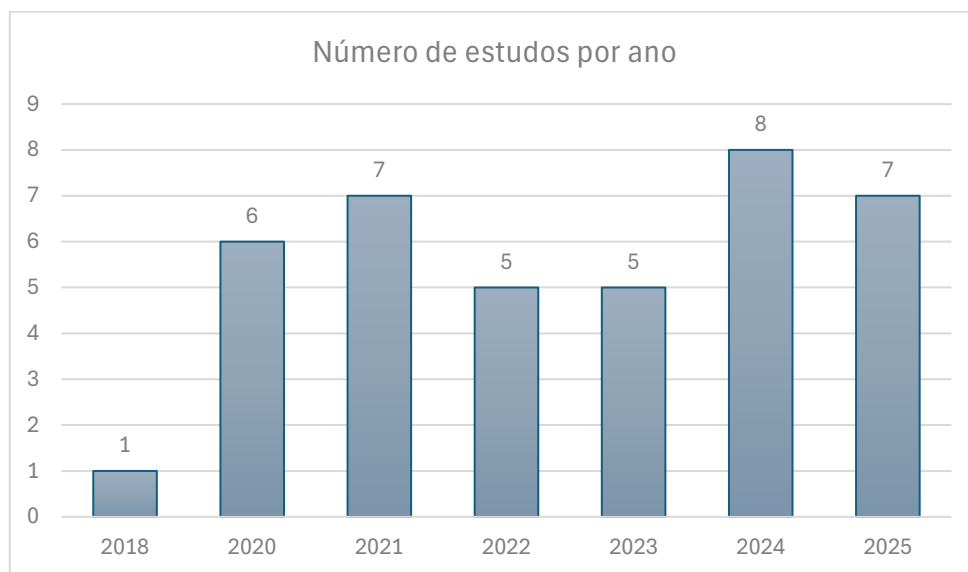
Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nas informações apresentadas na Figura 11, verifica-se que a maior quantidade de estudos foi realizada com amostras coletadas na Europa (17 estudos – 41%), seguido da Ásia (15 – 37%) e da América (sete estudos – 17%). Com exceção de Mukotaka, Kataoka e Nihei (2021), que analisaram amostras coletadas na América, Ásia e Europa, os demais estudos analisaram amostras coletadas apenas em um continente. O *Joint Research Centre - JRC* (2024) apresenta diagnóstico similar com relação à análise de águas potáveis, reportando maior número de estudos realizados na Europa (38%), seguido de Ásia (34%) e América (23%). De acordo com Danopoulos, Twiddy e Rotchell (2020), "há uma clara necessidade de pesquisa sobre contaminação da água potável por MP em países fora da Europa, onde há menos dados".

Observa-se também que há poucos estudos sobre a presença de MP em águas potáveis com amostras coletadas no continente americano. Foram encontradas apenas três pesquisas que realizaram a análise de microplásticos com amostras de águas potáveis do Brasil, evidenciando a necessidade de ampliação nas pesquisas sobre esse problema em nosso país, assim como diagnosticado por Rani-Borges, Martins e Pompêo (2021).

Com relação ao ano de publicação dos estudos analisados nesta revisão, na Figura 12 são apresentadas as informações sobre o quantitativo de estudos analisados por ano de publicação, em forma de gráfico.

Figura 12 - Número de estudos sobre microplásticos em águas potáveis por ano de sua publicação



Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando-se a Figura 12, verifica-se que a maior parte dos estudos analisados foi publicada em 2024 (oito estudos), seguida de 2021 e 2025 (sete estudos cada) e de 2020 (seis estudos). Os anos 2022 e 2023 apresentaram cinco estudos cada, enquanto 2018 contou com apenas um estudo. Apesar de o período considerado na pesquisa abranger de 2015 a 2025, destaca-se que não foram identificados estudos anteriores a 2018. Observa-se um crescimento no número de publicações entre 2018 e 2021, seguido de certa oscilação nos anos subsequentes e novo aumento em 2024. Koelmans et al. (2019), ao analisarem 33 estudos publicados entre 2013 e 2019, identificaram um crescimento consistente no número de publicações, com picos em 2017 e 2018 (nove estudos cada), o que pode sugerir flutuações no interesse pela análise de microplásticos em águas potáveis nos anos mais recentes.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, nota-se que a coleta de amostras de água nos estudos avaliados foi feita em diferentes pontos da cadeia de abastecimento de água, incluindo: águas brutas (águas coletadas antes do tratamento de água), efluentes de estações de tratamento de água (águas tratadas), pontos na rede de distribuição (águas distribuídas), torneiras de consumidores e fontes públicas (águas disponíveis para consumo).

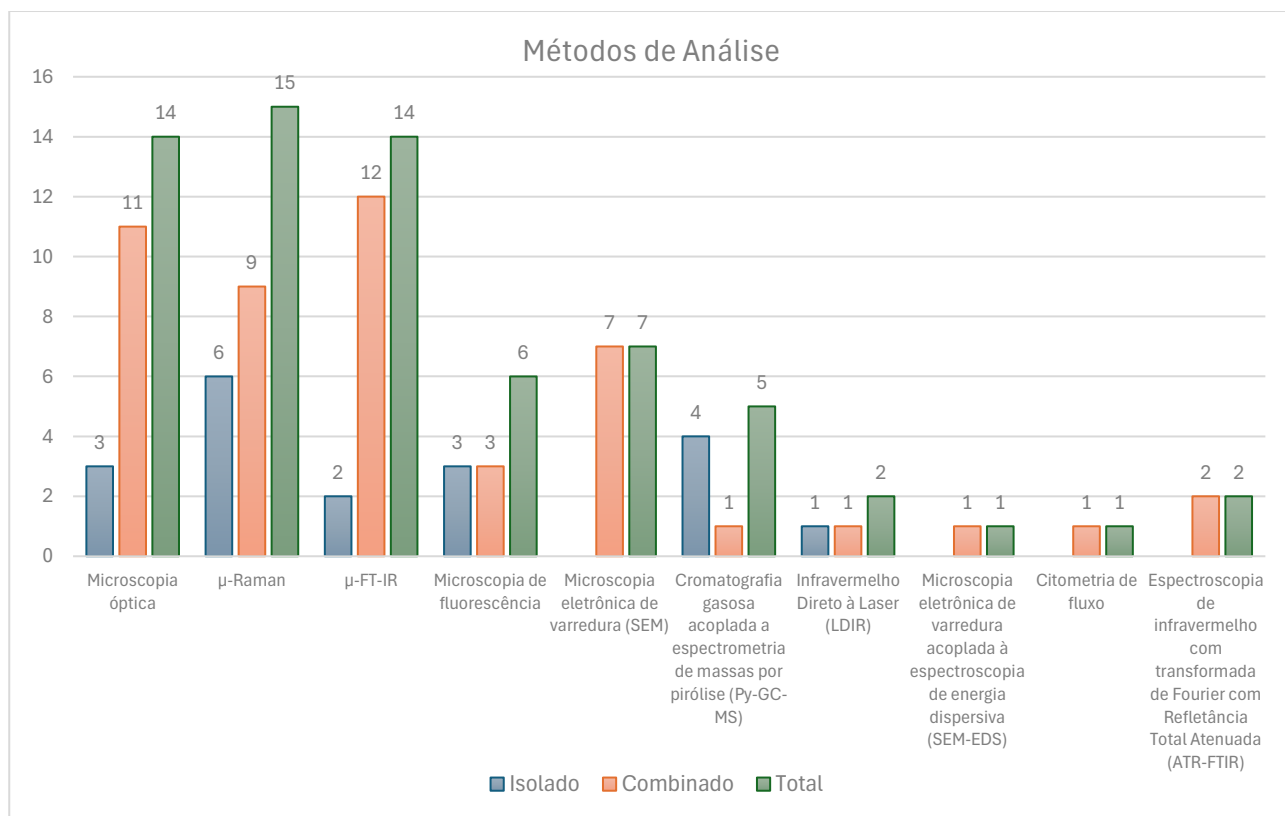
Na maioria dos estudos, a coleta de amostras foi realizada com a utilização de garrafas (29 estudos). Já em dez estudos, a amostragem foi realizada por filtração em linha direta na fonte. A escolha do método de coleta de amostras é relevante para evitar sua contaminação. JRC (2024) destaca que a filtração na fonte é mais indicada, por ser realizada em um sistema fechado, enquanto no procedimento de amostragem em recipientes a amostra sofre maior exposição ao ar ambiente (que pode também conter microplásticos). Também é importante utilizar materiais adequados. Sol *et al.*

(2023), por exemplo, identificaram grande quantidade de estudos com amostragem em recipientes de polietileno, recomendando o uso de materiais não plásticos para evitar contaminação das amostras.

Além do método de coleta, o volume de água amostrada também pode influenciar nos resultados, sendo aconselhado um volume mínimo de amostra de 1.000 L para águas de torneira, devido as às concentrações de MP que podem ser muito baixas (Koelmans *et al.* 2019).

Para a detecção de microplástico em águas potáveis podem ser utilizados diferentes métodos, de acordo com os objetivos da pesquisa. A Figura 13 apresenta os métodos de análise de microplásticos em águas potáveis utilizados nos estudos revisados, categorizando os métodos como "Isolado" (na cor azul), quando o método foi utilizado isoladamente na pesquisa, "Combinado" (na cor laranja), quando o método de análise foi utilizado em combinação com outros métodos e "Total" (na cor verde), resultado da soma das duas categorias anteriores.

Figura 13 - Quantificação dos métodos de análise para detecção de microplásticos utilizados nas pesquisas avaliadas



Fonte: elaborado pelo autor.

A análise da Figura 13 demonstra que os métodos espectroscópicos e microscópicos foram os mais utilizados e que a combinação de técnicas foi amplamente empregada nas pesquisas. A maior parte dos estudos buscou determinar o número de partículas nas águas potáveis, enquanto apenas cinco fizeram a determinação da massa de MP presente nas amostras. Há grande diversidade de metodologias analíticas e procedimentos para análise e quantificação de MP na água, podendo levar

a resultados subestimados. Assim, evidencia-se a necessidade do estabelecimento de protocolo padrão que permita a homogeneização da análise de MP em amostras de água (Sol *et al.*, 2023).

Destaca-se a utilização de microscopia óptica e da espectromicroscopia Raman (μ -Raman), de forma combinada com outros métodos e de maneira isolada. Para a quantificação de partículas, a espectromicroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (μ -FTIR) e sua combinação com a microscopia óptica são os métodos usados com maior frequência, seguidos da espectromicroscopia Raman (μ -Raman) e da microscopia de fluorescência (JRC, 2024).

De Frond *et al.* (2022) destacam que a espectroscopia FTIR e a espectroscopia Raman são eficazes na identificação de partículas plásticas e na diferenciação de materiais não plásticos, mas que apresentam diferenças de desempenho com base no tamanho das partículas. A espectroscopia Raman apresenta maior capacidade de detecção, podendo identificar com precisão tipos de polímeros em partículas de tamanho acima de um micrômetro, enquanto a espectroscopia FTIR tem precisão para identificar partículas de tamanho acima de 20 μ m.

Com relação ao tratamento de água para consumo humano, as estações de tratamento de água (ETA), de modo geral, possuem capacidade de remoção de partículas, incluindo os microplásticos (World Health Organization, 2019). Na Tabela 5 são apresentados os valores de MP encontrados em águas brutas e tratadas, assim como os tipos de tratamento nas estações de tratamento de água (ETA) e a eficiência de remoção de MP de cada ETA, conforme resultados dos estudos analisados. As eficiências foram obtidas comparando os valores de concentração de MP nas águas brutas, que entram nas ETA, para tratamento, com as concentrações verificadas na saída dessas estações.

Tabela 5 - Concentração de MP em águas brutas e tratadas, locais de amostra e tipo de tratamento de água das ETA

Referência	Local de coleta de amostra	Tipo de tratamento	Partículas de MP/L água bruta	Partículas de MP/L água tratada	Eficiência na remoção de MP
Zhou et al., 2023	ETA Rural	Coagulação, clarificação, filtração de carvão ativado granular de areia (GAC) e ultrafiltração (membrana PVDF)	12,20	0	100%
Bauerlein et al., 2022	ETA B	Coagulação, sedimentação, filtração rápida de areia (RF), filtração de dunas	456,88	0,24	99,9%
Exposito et al., 2025	ETA 2	Coagulação, clarificação, filtração de carvão ativado. 40% da água passa por microfiltração e eletrodialise reversível	4.465,00	22,00	99,5%
Seay et al., 2025	ETA Water Works Park	Coagulação, floculação, ozonização, sedimentação e filtração de areia	11.421,00	270,00	97,6%
Rodríguez-Barroso et al., 2025	ETA El Montañes	Pré-cloração, adsorção com carvão ativado, coagulação-floculação-decantação, filtração e desinfecção com cloro	1.550,00	115,00	92,6%
Xu C. et al., 2024	ETA	Coagulação, sedimentação, filtração de areia e carvão ativado granular e cloração	9,63* (μ g/m ³)	0,77* (μ g/m ³)	92,0%

Referência	Local de coleta de amostra	Tipo de tratamento	Partículas de MP/L água bruta	Partículas de MP/L água tratada	Eficiência na remoção de MP
Gomiero et al., 2021	ETA	Filtragem de contas de mármore, desinfecção UV e cloração	93,20	9,70	89,6%
Pivokonsky et al. 2020	ETA Plzeň	Coagulação, sedimentação, filtração em leito profundo através de material à base de argila e filtração granular de carvão ativado	1.296,00	151,00	88,3%
Exposito et al., 2025	ETA 1	Coagulação, clarificação, filtração de carvão ativado e cloração	402,00	59,00	85,3%
Han et al., 2025	ETA	Coagulação, sedimentação, filtração de areia e cloração	4.847,00	1.012,00	85,0%
Han et al., 2024	ETA 1	Coagulação, sedimentação, filtração de areia, ozonização, filtração de carvão ativado granular (GAC) e cloração	4.300,00	732,00	83,0%
Pivokonsky et al., 2018	ETA 3	Coagulação, flotação, filtração em areia e filtração em carvão ativado granular	3.605,00	628,00	82,6%
Pivokonsky et al., 2018	ETA 2	Coagulação, sedimentação, filtração de areia e carvão ativado granular	1.812,00	338,00	81,3%
Maurizi et al., 2023	ETA	Oxidação e filtração rápida de areia	0,03	0,01	78,2%
Bauerlein et al., 2022	ETA A	Coagulação, sedimentação, filtração de camada dupla (DLF) e filtração sobre carvão ativado (ACF)	81,25	18,76	76,9%
Bauerlein et al., 2022	ETA E	Filtragem de margens de rio	2,22	0,52	76,7%
Taghipour et al., 2023	ETA 2	Dessalinização por osmose reversa	0,08	0,02	74,2%
Bauerlein et al., 2022	ETA D	Filtragem de margens de rio	0,85	0,23	72,9%
Han et al., 2024	ETA 2	Coagulação, sedimentação, filtração de areia e cloração	4.410,00	1.200,00	72,8%
Pivokonsky et al., 2018	ETA 1	Coagulação, sedimentação e filtração de areia	1.473,00	443,00	69,9%
Taghipour et al., 2023	ETA 1	Pré-cloração, coagulação e floculação, clarificação, filtração e cloração secundária	0,13	0,05	64,7%
Prasertboonyai et al., 2025	ETA P-WS1	Pré-cloração, clarificação, filtração de areia e antracito e pós-cloração	7,05	2,60	63,1%
Prasertboonyai et al., 2025	ETA P-WS2	Pré-cloração, clarificação, filtração de areia e pós-cloração	1,00	0,51	49,0%
Pivokonsky et al. 2020	ETA Milence	Coagulação, floculação e filtração de areia	23,00	14,00	39,1%
Prasertboonyai et al., 2025	ETA G-WS2	Coagulação, sedimentação, filtração em areia e desinfecção	18,15	11,20	38,3%
Prasertboonyai et al., 2025	ETA G-WS1	Coagulação, sedimentação, filtração em areia e desinfecção	16,15	10,80	33,1%
Média			1.611	201	76%

*Nota: Valores em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ não foram considerados para o cálculo das médias

Fonte: elaborado pelo autor.

A Tabela 5 permite visualizar que 15 estudos avaliaram as concentrações de MP nas águas brutas e nas saídas de estações de tratamento de água, totalizando 26 ETA com apresentação de resultados de eficiência na remoção de MP.

As concentrações de MP nas águas brutas variaram entre 0,03 partículas/L (Maurizi *et al.*, 2023) a 11.421 partículas/L (Seay *et al.*, 2025), com média de 1.611 partículas/L. Nas águas tratadas, as concentrações de MP ficaram entre zero partículas/L (Zhou *et al.*, 2023) e 1.200 partículas/L (Han *et al.*, 2024), com média de 201 partículas/L. Os menores valores nas águas brutas são referentes a águas subterrâneas. Intuitivamente, espera-se que águas subterrâneas apresentem menores concentrações de microplásticos comparadas às águas de ambientes superficiais, porém o número de dados experimentais é baixo e disperso para estabelecer conclusões confiáveis (Sol *et al.*, 2023).

Os resultados mostram variação na eficiência entre diferentes ETA, oscilando de 33,1% a 100%. A ETA localizada em área rural, analisada em estudo de Zhou *et al.* (2023), apresentou a maior eficiência (100%), seguida pela ETA B do estudo de Bäuerlein *et al.* (2022) com 99,9% e da ETA analisada por Exposito *et al.* (2025) com 99,5% de eficiência de remoção. Estas ETA utilizam, respectivamente, os seguintes tipos de tratamento de água: i) coagulação-sedimentação, filtração em areia e carvão ativado granular e ultrafiltração (membrana PVDF); ii) coagulação/floculação/sedimentação, filtração rápida de areia, filtração de dunas; e coagulação, clarificação, filtração de carvão ativado (com 40% da água passando por microfiltração e eletrodialise reversível).

Em contrapartida, a ETA G-WS1, analisada por Prasertboonyai *et al.* (2025), mostrou o pior desempenho, com apenas 33,1% de remoção de microplásticos, seguida da ETA G-WS2, analisada no mesmo estudo, com 38,3% de eficiência. Nestas duas ETA as águas passam pelas seguintes etapas de tratamento: coagulação, sedimentação, filtração em areia e desinfecção.

A eficiência média de remoção entre todos os estudos foi de 76%. Em 16 ETA, a eficiência de remoção foi acima da média, enquanto em outras dez, a eficiência de remoção de MP ficou abaixo desse valor. Han *et al.* (2024) reporta resultados semelhantes, com eficiência de remoção média de 82% entre seis estações analisadas. A variação na eficiência de remoção de MP indica que diferentes configurações e processos de tratamento nas ETA resultam em capacidades distintas de remoção de microplásticos da água, o que corrobora os resultados apresentados por Barreto (2024), de que os mecanismos de remoção de MP no tratamento de água para distribuição têm eficiências variadas.

Nota-se que as estações de tratamento de água, mesmo com tratamento simplificado, são capazes de reduzir a concentração de MP, considerando que essas partículas compartilham semelhanças físicas com material particulado e sólidos em suspensão (Han *et al.*, 2024). Para maior capacidade de remoção, destaca-se a importância de projetar sistemas de tratamento adequados, especialmente em locais com altas concentrações de microplásticos nas águas brutas (Shen *et al.*, 2020).

Em seis estudos avaliados nesta pesquisa foram realizadas análises em águas na saída das ETA e ao longo da rede de distribuição ou torneiras de consumidores, possibilitando a comparação entre as concentrações de MP na saída do tratamento com as concentrações que chegam à população, efetivamente. Esses resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Concentrações de MP na saída das ETA e ao longo das redes de distribuição, tipos de água e local de coleta de amostras

Referência	Fonte de água	Tipo de água e local de coleta da amostra	Concentração de MP na água - média (partículas/L)	Redução/Aumento (%)
Bäuerlein <i>et al.</i> , 2022	ETA D	Tratada - saída da ETA	0,23	-
		Disponível para consumo - torneira consumidor	1,58	589
	ETA E	Tratada - saída da ETA	0,52	-
		Disponível para consumo - torneira consumidor	1,39	167
		Disponível para consumo - torneira consumidor	1,48	186
	Gomiero <i>et al.</i> , 2021	ETA	Tratada - saída da ETA	9,70
Distribuída - estação de bombeamento			12,80	32
Distribuída - hidrante			6,10	-37
Han <i>et al.</i> , 2025	ETA	Tratada - saída da ETA	1.012	-
		Distribuída - Rede de distribuição	1.190	18
		Disponível para consumo - torneira consumidor	1.237	22
Rodríguez-Barroso <i>et al.</i> , 2025	ETA El Montañes	Tratada - saída da ETA	115	-
		Distribuída - Reservatório de distribuição	435	278
		Distribuída - Rede de distribuição	450	291

Referência	Fonte de água	Tipo de água e local de coleta da amostra	Concentração de MP na água - média (partículas/L)	Redução/Aumento (%)
Taghipour <i>et al.</i> , 2023	ETA 1	Tratada - saída da ETA	0,05	-
		Disponível para consumo - torneira consumidor	0,20	347
	ETA 2	Tratada - saída da ETA	0,02	-
		Disponível para consumo - torneira consumidor	0,21	928
Zhou <i>et al.</i> , 2023	ETA Rural	Tratada - saída da ETA	0	-
		Disponível para consumo - torneira consumidor	1,40	-

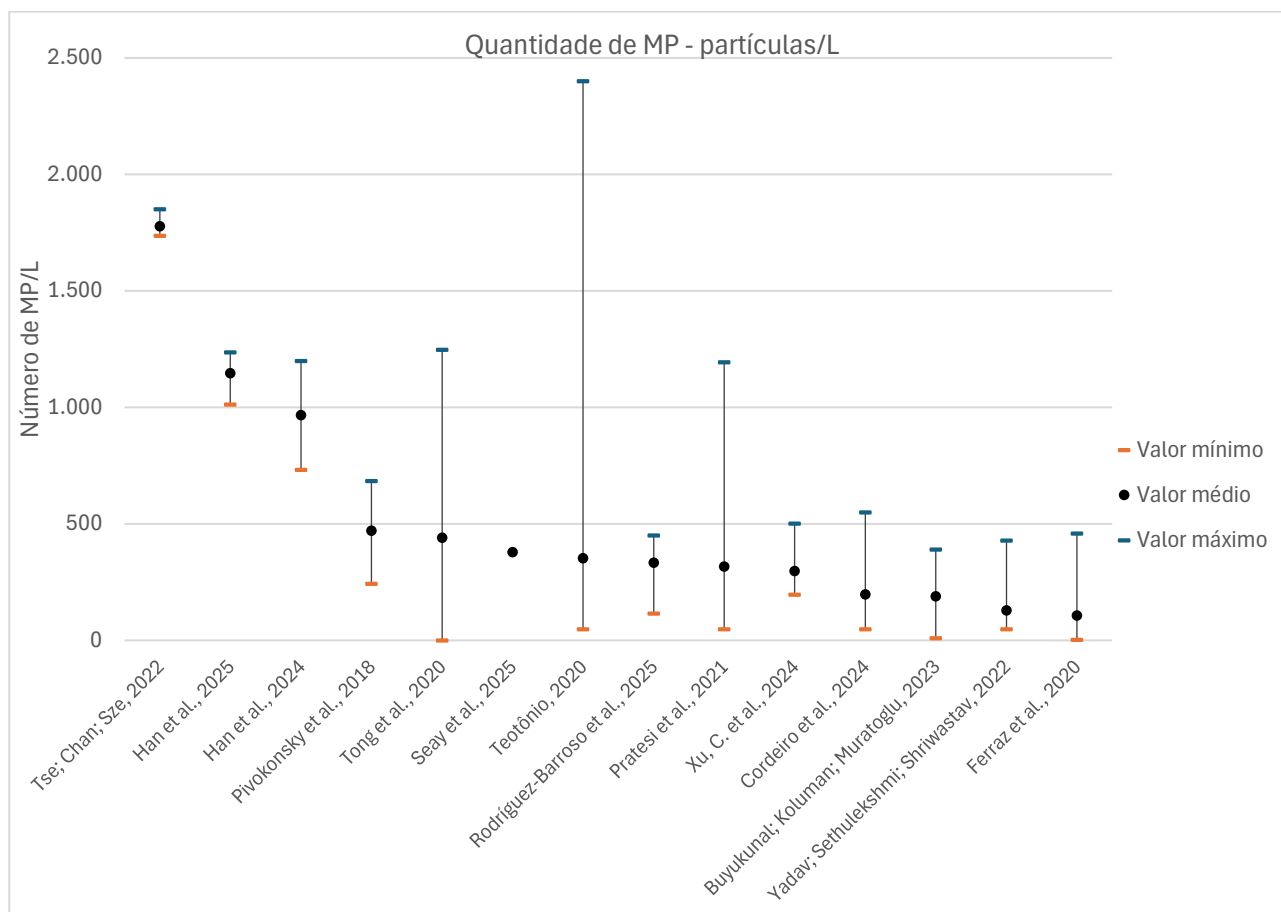
Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nos dados da Tabela 6, verifica-se que, na maior parte dos estudos que analisaram as concentrações na saída das ETA e nas redes de distribuição ou torneiras de consumidores, houve aumento na concentração de MP nas águas distribuídas, com valores de incremento variando de 18% (Han *et al.*, 2025) a 927,5% (Taghipour *et al.*, 2023). Apenas no estudo de Gomiero *et al.* (2021) houve redução na concentração de MP na água distribuída (-37%). Os valores de concentração de MP nas redes de distribuição ou torneiras, desses estudos, variaram entre 0,21 (Taghipour *et al.*, 2023) e 1.237 partículas/L (Han *et al.*, 2025).

Estudo de Sol *et al.* (2023) relata que águas de torneira apresentaram, aproximadamente, o dobro da concentração média de microplásticos que os efluentes das ETA, podendo-se concluir que as tubulações têm influência no aumento da quantidade de MP após o tratamento da água. Świetlik e Magnucka (2024) demonstraram que a degradação de tubos de PE e PVC, pelo envelhecimento, pode ser uma fonte significativa de MP, devido à deterioração das cadeias poliméricas e enfraquecimento das estruturas. Desta forma, há indícios de que as redes de distribuição ou as redes domiciliares de água são possíveis fontes de contaminação de MP nas águas potáveis, devendo também ser investigadas e consideradas na busca pela redução da exposição humana a esse contaminante.

Com relação à quantidade de MP em águas potáveis, a Figura 14 e a Figura 15 apresentam os resultados dos estudos com relação à quantidade detectada. Para melhor visualização dos dados, os resultados foram plotados em dois gráficos, um contendo os estudos que obtiveram médias superiores a 100 partículas por litro e outro com os resultados abaixo desse valor.

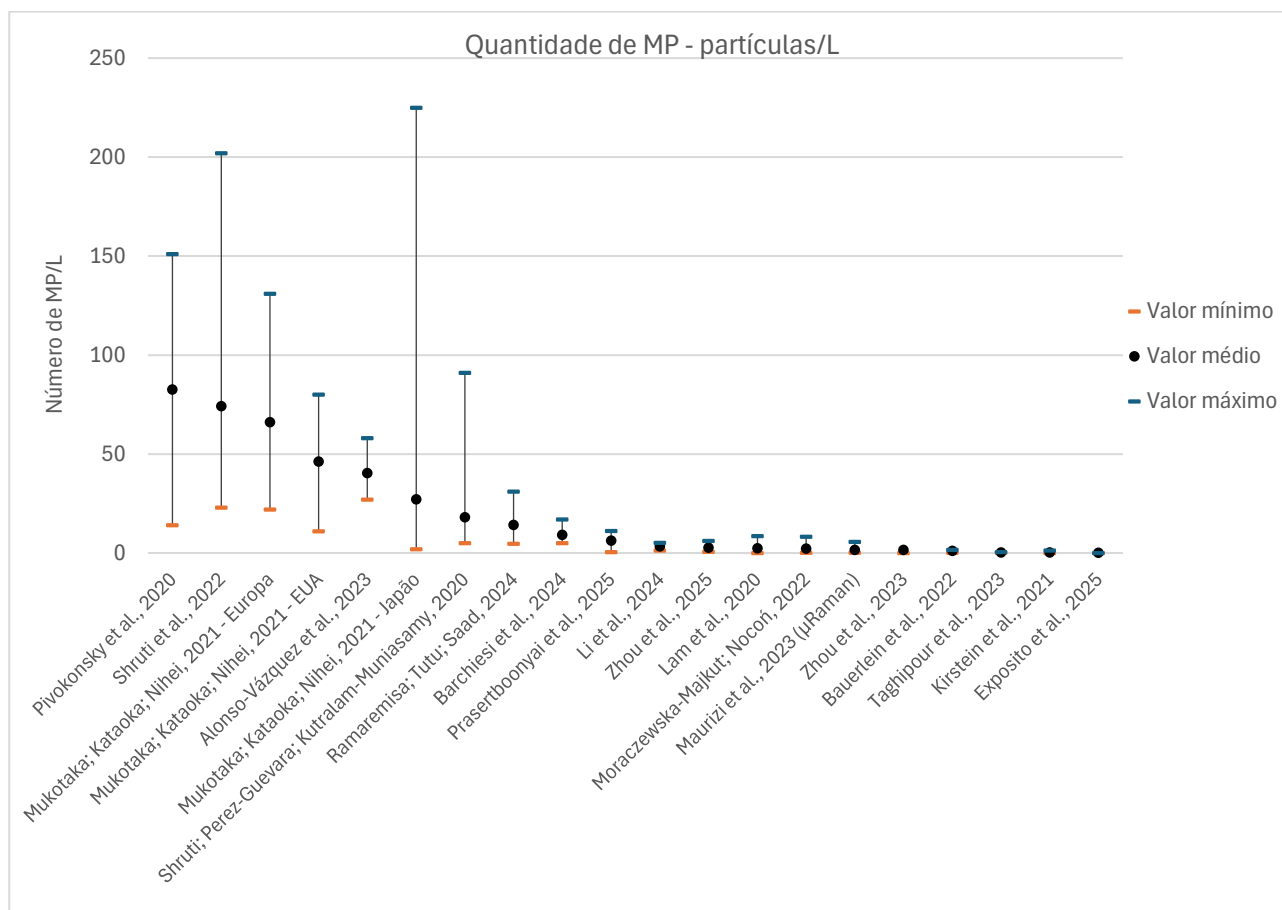
Figura 14 - Quantidade de MP encontrados nos estudos analisados, com média acima de 100 partículas/L



Fonte: elaborado pelo autor.

Estudo de Tse, Chan e Sze (2022) apresentou o maior valor médio de MP detectados (1.776 partículas/L), seguido de Han *et al.* (2025), com valor médio de 1.145 partículas/L e por estudo de Han *et al.* (2024), com valor médio de 966 partículas/L. O maior valor detectado dentre os estudos foi de 2.400 partículas/L (Teotônio, 2020).

Figura 15 - Quantidade de MP encontrados nos estudos analisados, com média abaixo de 100 partículas/L



Fonte: elaborado pelo autor.

Dos 34 estudos que realizaram a quantificação do número de partículas por litro, em 20 os valores médios reportados ficaram abaixo de 100 partículas de MP/L. Sendo que em nove estudos os valores médios de MP detectados ficaram abaixo de cinco partículas/L. Apenas o estudo de Weber *et al.* (2021) não detectou a presença de MP nas amostras analisadas.

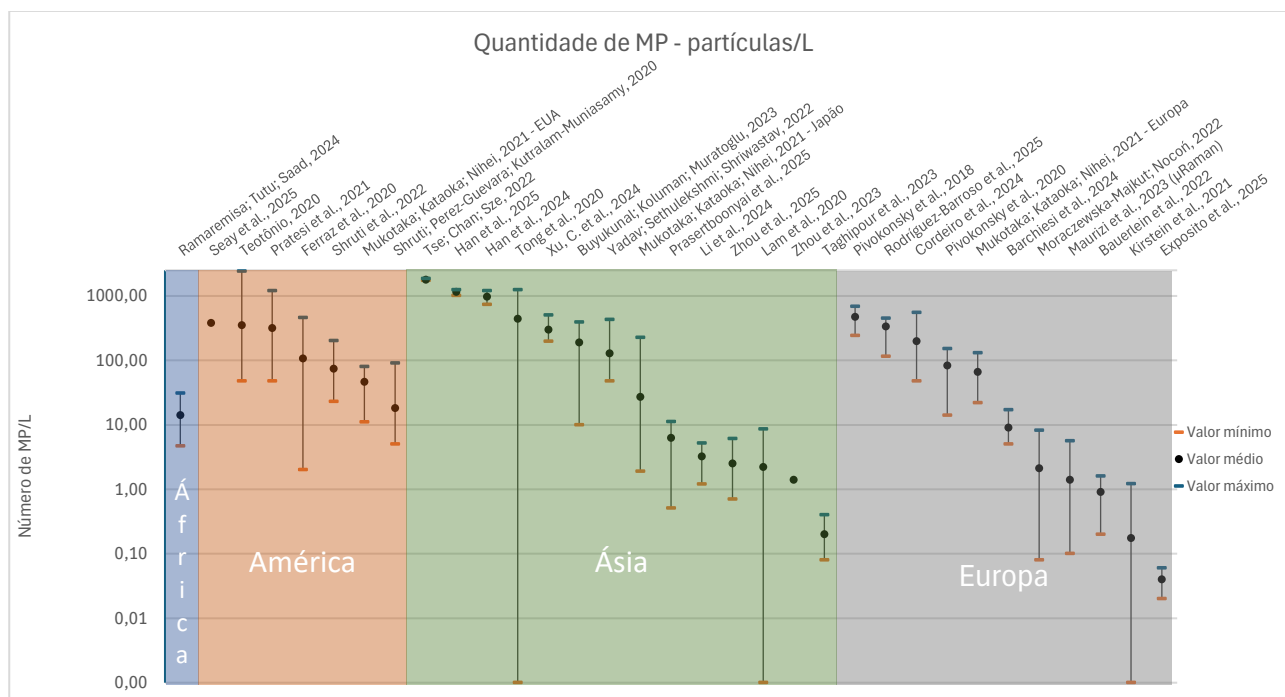
Estudos de Gomiero *et al.* (2021), Dalmau-Soler; Boleda e Lacorte (2024), Dalmau-Soler; Boleda e Lacorte (2025) e de Xu Y. *et al.* (2024) realizaram a quantificação de MP por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas por pirólise (Py-GC-MS), apresentando os resultados em concentração mássica variando entre 0,006 µg/L (Gomiero *et al.*, 2021) e 0,77 µg/L (Xu Y. *et al.*, 2024).

Observa-se que há grande variação na quantidade de MP detectados nos estudos, com médias variando entre 0,04 e 1.776 partículas/L e extremos variando entre zero e 2.400 partículas/L. Conforme a Tabela 4, os estudos utilizaram diferentes tipos de coleta e métodos de análises de amostras, além de fontes variadas de água, podendo explicar essa grande variação nos resultados. Estudo do *Joint Research Centre - JRC* (2024) reportou valores de literatura menores, variando entre 0,0001 e 440 partículas por litro. Ressalta-se a dificuldade na comparação direta de concentrações de

microplásticos entre estudos, sendo necessária a adoção de metodologias padronizadas para coleta e detecção. Essa padronização é crucial para melhorar critérios como o tratamento de amostras e a identificação de polímeros, assegurando maior confiança, reprodutibilidade e comparabilidade nos resultados (Koelmans *et al.*, 2019).

A Figura 16 apresenta as concentrações de microplástico detectadas nos estudos, agrupadas por continente de origem das amostras.

Figura 16 - Quantidade de MP nas águas potáveis agrupadas por continente

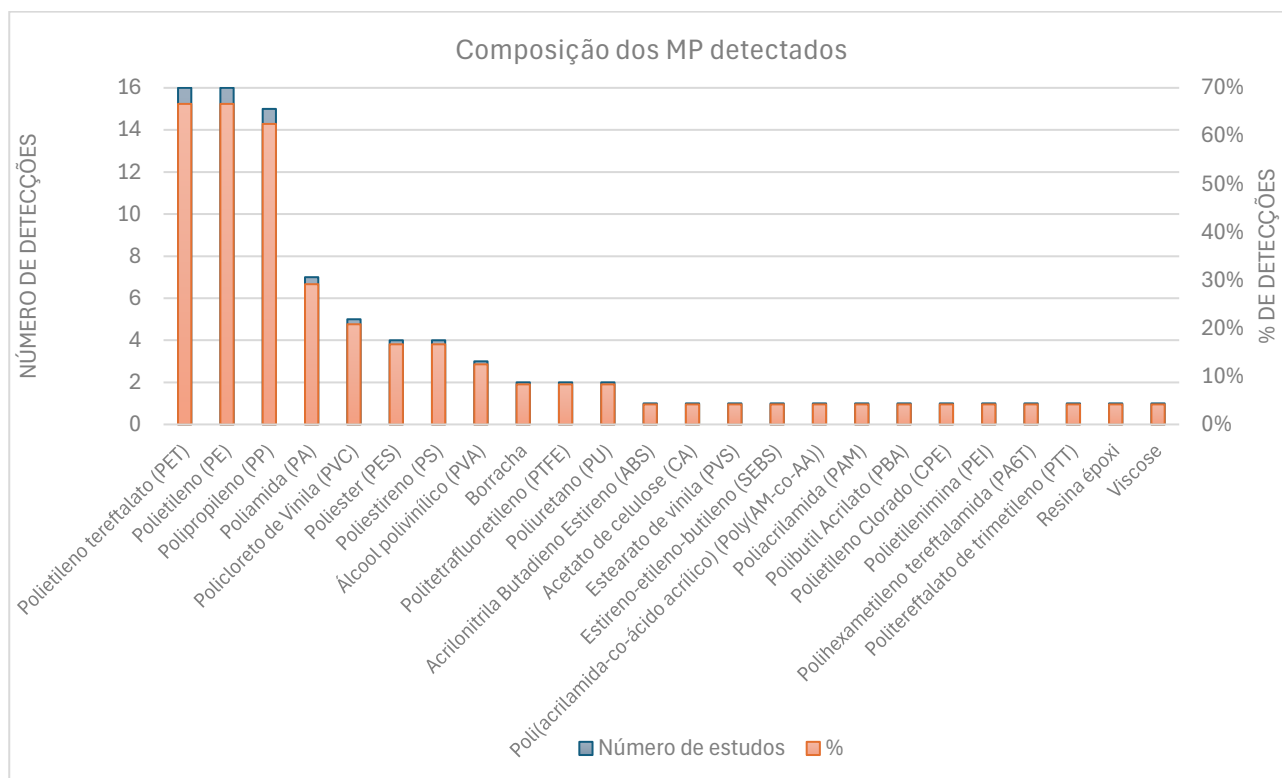


Fonte: elaborado pelo autor.

As concentrações de microplásticos observadas em água potável variam expressivamente entre os continentes, conforme indicado na Figura 16. Na América, os valores médios ficaram entre 18 e 378 partículas/L. Na Ásia, foi identificada maior variação, com médias variando entre 0,2 e 1.776, porém com maior concentração de valores abaixo de 100 partículas/L. A Europa exibiu os menores valores, com médias variando entre 0,04 e 470 partículas por litro, com maior número de estudos com valores médios abaixo de 10 partículas/L. Estudo de JRC (2024) reportou achados semelhantes, com valores menores de MP medidos na Europa (0 a 0,6 partículas por litro) do que na América (12 a 316 partículas por litro) e na Ásia (0,7 a 440 partículas por litro).

As partículas de plástico presentes na água são oriundas dos diferentes tipos de plástico usados em produtos e materiais. Em 31 dos estudos analisados houve identificação da composição das partículas, sendo a compilação desses resultados apresentada na Figura 17.

Figura 17 - Distribuição da frequência de detecção de microplásticos por tipo de polímero



Fonte: elaborado pelo autor.

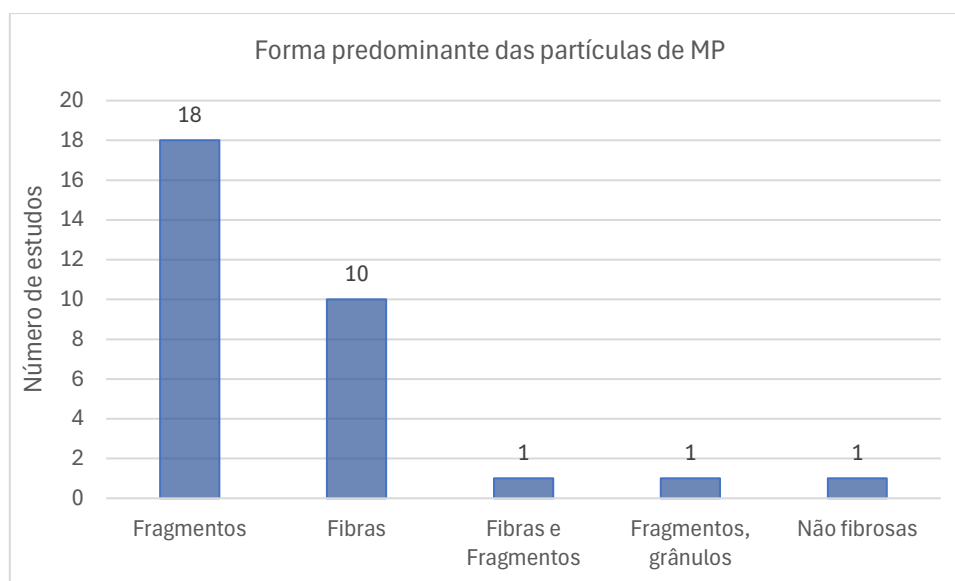
As informações da Figura 17 demonstram que uma grande variedade de compostos plásticos foi detectada nas pesquisas avaliadas, sendo que o polietileno tereftalato – PET – e o polietileno – PE foram o plástico detectado na maior quantidade de estudos (16 estudos – 67%, cada), seguido do polipropileno – PP (15 estudos – 63%), da poliamida – PA (sete estudos – 29%) e do policloreto de vinila – PVC (cinco estudos – 21%). Outros 13 compostos foram detectados em apenas um estudo.

Segundo Danopoulos, Twiddy e Rotchell (2020), se espera a prevalência de PE e PP na contaminação de águas potáveis, por serem os polímeros produzidos e utilizados em maior quantidade nos últimos 15 anos, com possibilidade de variações geográficas. Sun *et al.* (2024) encontraram maior presença de PE, PET e PVC em amostras de águas potáveis, argumentando que esses polímeros costumam ser os mais abundantes no ambiente, porque são os materiais de embalagem usados com mais frequência.

Assim, verifica-se que os plásticos mais produzidos e com maior utilização refletem na maior presença de suas partículas nas águas potáveis, indicando possíveis problemas na cadeia de disposição de resíduos sólidos. Estima-se que, do total de plásticos produzidos entre 1950 e 2017, 14% foram incinerados e menos de 10% foram reciclados, sendo o restante descartado em aterros sanitários e lixões ou liberados no meio ambiente (WWAP, 2019).

Em 31 estudos houve a caracterização das partículas de acordo com sua forma. A Figura 18 apresenta a quantidade de estudos por forma de MP predominante encontrada.

Figura 18 - Forma predominante das partículas plásticas detectadas

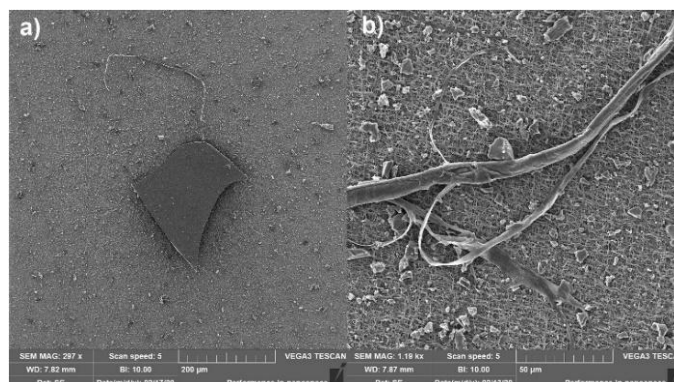


Fonte: elaborado pelo autor.

Com base na Figura 18, observa-se que nas análises de água potável a forma de MP em fragmentos foi a predominante na maior quantidade de estudos (18), seguido da forma “fibras”, predominante em 10 estudos. Em um estudo os formatos predominantes foram identificados como “fibras e fragmentos”, em outro como “fragmentos e grânulos” e um estudo as identificou como “não fibrosas”. Apesar dessa classificação ser importante para auxiliar na identificação de possíveis fontes de contaminação, Koelmans *et al.* (2019) citam algumas limitações sobre a análise de formas de MP detectadas em diferentes estudos: em muitos são analisadas apenas as formas de um subconjunto de partículas isoladas; os estudos englobam diferentes faixas de tamanho de MP; os estudos diferem na representatividade de suas amostras frente aos sistemas hídricos ou tipos de água e; alguns estudos definem com clareza e interpretam as formas de maneira semelhante, enquanto outros utilizam descrições mais ambíguas.

A Figura 19 apresenta um exemplo de formas de MP detectadas em amostras de água potável, obtida por meio de microscopia eletrônica de varredura (SEM). É possível observar a distinção clara entre um fragmento e uma fibra de partícula plástica.

Figura 19 - Exemplos de imagens de microplásticos realizadas por microscopia eletrônica de varredura



Fragmento (a) e fibra (b) em água potável.

Fonte: Pivokonsky *et al.* (2020).

Considerando as diversas possibilidades de metodologias e formas de representação dos resultados sobre microplásticos em águas potáveis, um tema recorrente entre as recomendações encontradas nos estudos dessa revisão de literatura é a necessidade de padronização metodológica. Pittroff *et al.* (2021) enfatizam a importância de estabelecer procedimentos operacionais padrão (POP) para amostragem, preparação de amostras e técnicas analíticas, com critérios de controle de qualidade rigorosamente definidos, incluindo materiais de referência apropriados com valores de branco conhecidos. Feld *et al.* (2021) complementam que o desenvolvimento de uma metodologia robusta de amostragem e a implementação de procedimentos de controle de qualidade são fundamentais para maior confiabilidade dos resultados, visando protocolos de análise harmonizados e que permitam a comparação dos resultados.

Com relação aos sistemas de tratamento de água, Gomiero *et al.* (2021) concluem que, embora esses sistemas não sejam projetados especificamente para a redução de MP, eles são eficazes em sua remoção. Contudo, o nível inicial de contaminação por MP na água bruta parece ser o fator mais relevante que influencia os níveis finais na água potável. Han *et al.* (2024) destacam que processos avançados de tratamento de água reduzem os riscos associados aos MP, em comparação aos processos convencionais, evidenciando a importância de tecnologias mais sofisticadas de tratamento de água. Entretanto, Taghipour *et al.* (2023) ressaltam que apenas o tratamento da água não é suficiente para eliminar a exposição aos microplásticos, sendo necessário também controlar essas partículas nas redes de distribuição e nos pontos de consumo para evitar a poluição secundária.

Sobre a detecção de MP em águas potáveis, Pivokonsky *et al.* (2018) destacam que a maioria dos MP (até 95%) nas águas potáveis encontra-se na faixa de tamanho de 1 a 10 μm , porém, MP dentro dessa faixa de tamanho raramente são quantificados nos estudos. Além disso, as estações de tratamento apresentam menor remoção de MP abaixo de 10 μm , indicando a necessidade de pesquisas futuras concentradas na determinação de MP menores que 10 μm . Pittroff *et al.* (2021)

complementam essa recomendação ao apontar a necessidade de técnicas analíticas automatizadas que forneçam identificação e quantificação precisas de MP em tamanhos menores, até a nanoescala.

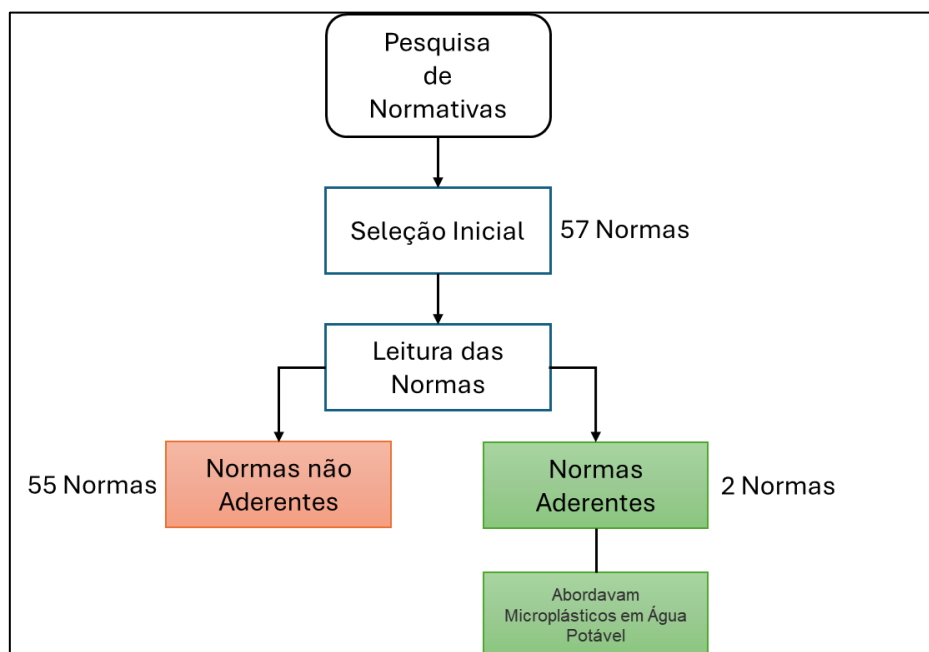
Com relação aos avanços futuros nesse campo de pesquisa, Lam *et al.* (2020) indicam a necessidade de ampliação no conhecimento das rotas pelas quais os microplásticos entram no sistema de tratamento e distribuição de água e para estabelecer métodos padrão para amostragem e detecção de micro e nanoplásticos. Taghipour *et al.* (2023) apontam para a necessidade de mais informações sobre a contaminação por MP na água potável em diferentes estações do ano e em momentos de consumo mínimo e máximo de água.

Segundo Tse, Chan e Sze (2022), o risco à saúde humana decorrente do consumo de MP ainda é desconhecido, sendo necessário ampliar o conhecimento sobre o tipo, magnitude, forma e quantidade de exposição aos MP, para possibilitar a avaliação de riscos à saúde pública e o desenvolvimento de medidas mitigadoras.

5.2 – Normativas sobre Microplástico em Águas Potáveis

O banco de dados do portal da internet *Plastics Policy Inventory*, do *Nicholas Institute for Energy, Environment & Sustainability*, contém um total de 1.022 documentos de políticas públicas listados. O arquivo contendo a lista completa foi baixado e submetido a um processo de filtragem para identificar as normas relacionadas ao controle de microplásticos, o que resultou na seleção de 57 normativas. Essas normas foram posteriormente analisadas mediante leitura criteriosa, visando identificar especificamente aquelas que abordavam a temática de microplásticos em águas destinadas ao consumo humano. As demais normas foram excluídas do escopo do estudo, conforme ilustrado na representação gráfica apresentada na Figura 20.

Figura 20 - Fluxograma da pesquisa de normas



Fonte: elaborado pelo autor

Desta forma, após o processo de identificação de normas sobre microplásticos em águas potáveis, foram encontradas apenas duas normativas específicas:

- i) SB 1422: *California Safe Drinking Water Act* (Lei de Água Potável Segura da Califórnia); e
- ii) Diretiva (EU) 2020/2184 *on the quality of water intended for human consumption* (relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano).

5.2.1 – Legislação sobre Água Potável no Brasil

No Brasil, a Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, traz a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS), estabelecendo em seu artigo 129 que o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade são definidos em seu Anexo XX.

A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 e estabeleceu os padrões de potabilidade da água que estão vigentes no Brasil atualmente. Essa portaria define água potável como sendo a água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido e que não ofereça riscos à saúde. Adicionalmente, estabelece que água para consumo humano é definida como: “água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem” (Brasil, 2021).

Com relação ao controle e vigilância da qualidade da água, a Portaria GM/MS Nº 888/2021 estabelece que toda a água destinada ao consumo humano deve ser objeto de controle e vigilância de sua qualidade, sejam elas provenientes de sistema coletivos, soluções alternativas ou de carros-pipa. Dessa forma, a água destinada ao consumo humano deve atender aos padrões microbiológicos, físicos, químicos e organolépticos (características sensoriais como gosto, cheiro e aparência) estabelecidos pela referida portaria.

A Portaria GM/MS Nº 888/2021 não estabelece procedimentos ou limites relacionados diretamente aos MP em águas potáveis. Porém, em seu anexo 13, que define o número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água, é estabelecido que o cloreto de vinila deve ser monitorado nas redes de distribuição, em razão de sua possível liberação de materiais a base de plástico PVC. Esse parâmetro deve ser monitorado na saída do tratamento e nas redes de distribuição, com frequência de uma amostra por semestre.

5.2.2 – Legislação da Califórnia – EUA - SB 1422/2018: Lei de Água Potável Segura da Califórnia

Essa legislação do Estado da Califórnia/EUA foi aprovada em 28 de setembro de 2018 e, estabelece requisitos para monitoramento de microplásticos na água potável na Califórnia:

SEÇÃO 1. A seção 116376 é adicionada ao Código de Saúde e Segurança, com a seguinte redação:

116376. (a) O conselho estadual, até 1º de julho de 2020, adotará uma definição de microplásticos na água potável.

(b) O conselho estadual, até 1º de julho de 2021, deve fazer o seguinte:

(1) Adotar uma metodologia padrão a ser usada no teste de água potável para microplásticos.

(2) Adotar requisitos para quatro anos de testes e relatórios de microplásticos na água potável, incluindo a divulgação pública desses resultados.

(3) Se apropriado, considerar a emissão de um nível de notificação ou outra orientação para auxiliar as interpretações do consumidor sobre os resultados dos testes exigidos de acordo com esta seção.

(4) Acreditar laboratórios qualificados na Califórnia para analisar microplásticos.

(c) O conselho estadual pode implementar esta seção por meio da adoção de um manual de políticas que não esteja sujeito aos requisitos do Capítulo 3.5 (começando com a Seção 11340) da Parte 1 da Divisão 3 do Título 2 do Código do Governo (Califórnia, 2018, tradução própria).

Os pontos principais trazidos pela norma SB 1422/2018 são as obrigações de adoção de uma definição de microplásticos na água potável, de adoção de metodologia padrão para identificação de MP e de adoção de requisitos para quatro anos de testes e relatórios de microplásticos em águas potáveis. Verifica-se houve preocupação com a uniformização de critérios e metodologia de identificação de MP, bem como o comando para início da avaliação sobre a presença de MP em águas potáveis.

Em seguimento a essa norma, em 2021, o Conselho Estadual de Controle de Recursos Hídricos da Califórnia (CSWRCB, na sigla em inglês) publicou a Resolução n.º 2020-0021, que estabeleceu a definição de “microplásticos na água potável”, conforme segue:

Definição de 'Microplásticos na Água Potável'*

'Microplásticos na água potável' são definidos como materiais poliméricos sólidos aos quais podem ter sido adicionados aditivos químicos ou outras substâncias, que são partículas que têm pelo menos três dimensões maiores que 1 nm e menores que 5.000 micrômetros (µm). Excluem-se os polímeros derivados da natureza que não tenham sido quimicamente modificados (exceto por hidrólise).

*As evidências sobre a toxicidade e exposição de humanos a microplásticos são nascentes e estão evoluindo rapidamente, e a definição proposta de 'Microplásticos na Água Potável' está sujeita a alterações em resposta a novas informações. A definição também pode mudar em resposta aos avanços nas técnicas analíticas e/ou à padronização dos métodos analíticos (*California State Water Resources Control Board, 2021. Tradução própria*).

E em 2023, o CSWRCB publicou, por meio da Resolução n.º 2022-0032, um Manual de Políticas, no qual são estabelecidos os métodos padronizados para testar e relatar microplásticos na água potável na Califórnia.

5.2.3 – Legislação da Califórnia – Resolução n.º 2022-0032 CSWRCB – Adota Manual de Políticas que Estabelece um Método Padrão de Teste e Relatório de Microplásticos na Água Potável

a) Introdução

A introdução do manual estabelece seu objetivo principal, a implementação da seção 116376 do Código de Saúde e Segurança da Califórnia. Esta iniciativa criou o primeiro programa de monitoramento governamental do mundo para microplásticos na água potável, ainda que de caráter subnacional.

b) Propósito e Objetivo

A seção “Propósito e Objetivo” descreve a implementação da SB 1422/2018, determinando requisitos importantes. Isso inclui o estabelecimento de definição de microplásticos na água potável, o desenvolvimento de metodologias de teste padrão, a criação de uma estrutura de teste e publicação de relatórios, o fornecimento de orientação para a interpretação dos resultados e o estabelecimento de procedimentos de acreditação de laboratórios.

c) Definição de “Microplásticos na Água Potável”

Nessa seção são fornecidos parâmetros técnicos para definição de microplásticos na água potável, caracterizando-os como materiais poliméricos sólidos entre 1 nanômetro e 5.000 micrômetros que podem conter aditivos químicos. Esta definição inclui especificações detalhadas

para vários estados físicos e composições de materiais e exclui polímeros de origem natural, garantindo identificação e medição consistentes em todas os locais de análise.

d) Antecedentes

A seção Antecedentes aborda vários componentes cruciais da implementação do programa de monitoramento. Ele estabelece a autoridade de monitoramento por meio das seções do Código de Saúde e Segurança, discute o estado atual da pesquisa sobre os efeitos na saúde e cita os dois métodos analíticos padronizados de metodologias de extração e análise de microplásticos na água potável.

A equipe do Conselho Estadual de Águas, em colaboração com o SCCWRP, realizou um estudo comparativo interlaboratorial ("Estudo de Método") para padronizar metodologias de extração e análise de microplásticos na água potável, resultando no desenvolvimento de dois métodos analíticos padronizados: espectroscopia de infravermelhos (anexo C do manual) e espectroscopia Raman (anexo D do manual).

Esta seção também reconhece as limitações atuais na capacidade laboratorial e descreve o desenvolvimento do processo de acreditação de laboratórios, para assegurar a qualidade e confiabilidade dos resultados das análises.

e) Trabalho Planejado e em Andamento

Essa seção descreve a "Fase Piloto" inicial, que compreendia o período entre o verão de 2022 e o verão de 2023. Este período preparatório centrou-se no desenvolvimento de infraestruturas de monitoramento, na realização de investigação científica para otimização de métodos, na avaliação de protocolos de amostragem, na preparação de processos de acreditação laboratorial e na criação de ferramentas eficazes de comunicação de risco.

f) Requisitos de Monitoramento e Comunicação de Informações

Para equilibrar proteção pública e viabilidade econômica, o programa adota uma abordagem em fases baseada na metodologia UCMR (*Unregulated Contaminant Monitoring Rule* - Regra de Monitoramento de Contaminantes não Regulamentados) da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Assim, essa seção detalha a abordagem de implementação do monitoramento de MP nas águas em duas fases:

- Fase I (2023-2025) - focada em grandes sistemas de abastecimento de água e se concentra em análises de MP em mananciais de água (águas brutas) para partículas com pelo menos 50 micrômetros ou o tamanho mínimo listado no método padronizado usado pelo laboratório (o que for menor).

- Fase II (2026-2028) - expande o escopo para incluir testes de água potável e partículas com pelo menos 5 micrômetros.

Entre a fase I e II, o Conselho Estadual de Águas deverá avaliar os resultados da primeira fase e determinar a melhor abordagem para a seguinte.

g) Lista de anexos

Anexo A – Lista de sistemas de água potencialmente sujeitos a monitoramento durante a Fase I

Este anexo apresenta uma tabela com a lista de sistemas públicos de água selecionados para potencial monitoramento, com base em conceitos definidos pelo programa UCMR. Este programa estabelece requisitos de monitoramento para contaminantes não regulamentados prioritários na água potável para todos os grandes sistemas públicos de água que atendem a mais de 10.000 pessoas, todos os pequenos sistemas públicos de água que atendem entre 3.300 e 10.000 pessoas e uma amostra representativa de pequenos sistemas públicos de água que atendem a menos de 3.300 pessoas.

A tabela de sistemas de água (Anexo A) conta com 30 sistemas listados, os quais atendem populações entre 5.300 e 18.962.000 pessoas. Para cada sistema, é apresentada também uma justificativa para sua inclusão na lista, podendo ser: maiores provedores; águas subterrâneas com baixa filtração; águas superficiais com baixa filtração; sistemas geograficamente diversos ou águas subterrâneas sob infiltração direta com baixa filtração.

Anexo B — Lista não exaustiva de potenciais métodos alternativos de monitoramento de microplásticos

Este anexo apresenta a lista de potenciais métodos alternativos de monitoramento para microplásticos. Considerando os custos e tempo de análise de microplásticos utilizando metodologias padronizadas, o Conselho Estadual de Controle de Recursos Hídricos da Califórnia está buscando avaliar métodos alternativos mais rápidos e baratos, para indicar a presença de microplásticos, que podem ser utilizados para determinar se o monitoramento adicional utilizando espectroscopia Raman ou infravermelha é apropriado.

Assim, os sistemas públicos de água devem enviar dados de qualidade da água contendo os resultados dos parâmetros alternativos listados neste Anexo B. Alguns parâmetros são obrigatórios e outros opcionais, e o resultado de seu monitoramento deve ser enviado junto aos resultados do monitoramento de microplásticos, ao Conselho Estadual de Águas. Os parâmetros alternativos

definidos como obrigatórios nesse anexo são: temperatura, taxa de fluxo da estação de tratamento (para calcular as partículas que entram na planta); turbidez; carbono orgânico total; sólidos suspensos totais; sólidos dissolvidos totais.

Anexo C - Procedimento Operacional Padrão para Extração e Medição por Espectroscopia de Infravermelho de Partículas Microplásticas em Água Potável

O Anexo C apresenta a metodologia padronizada para extração de amostras e medição de MP em águas potáveis, usando microscopia óptica para contagem de partículas e espectroscopia infravermelha (IR) para identificação química. O método é aplicável a técnicas de infravermelho como espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), imagem infravermelha direta a laser (LDIR) e infravermelho fototérmico óptico (O-PTIR). Essa metodologia foi desenvolvida por meio de um estudo internacional de avaliação de métodos e de revisão de literatura.

Este anexo é abrangente, englobando os principais aspectos relacionados a aplicação do método de análise, bem como a lista de equipamentos e suprimentos necessários, aspectos de coleta e preservação de amostra e de análise de dados, entre outros pontos importantes.

O método de análise é voltado para a extração de microplásticos de amostras de água potável por meio de peneiramento e filtração a vácuo. O método recomenda a divisão das amostras devem em frações de tamanho (entre 20-212 μm , entre 212-500 μm e >500 μm) para análise por microscopia e espectroscopia. As amostras processadas devem ser visualizadas por estereomicroscopia, para identificação de partículas plásticas. Para a identificação do tipo de material, uma subamostra representativa de partículas deve ser selecionada e preparada para espectroscopia. A proporção de partículas confirmadas como microplásticos por espectroscopia de infravermelho é aplicada às contagens totais obtidas por microscopia óptica, para fornecer uma estimativa de partículas plásticas por litro.

O método pode detectar com segurança partículas microplásticas com tamanho maior que 50 μm . Para essa fração de tamanho, a precisão das contagens de partículas plásticas suspeitas relatadas (ou seja, recuperação) é de $92 \pm 57\%$. A espectroscopia FTIR pode identificar com precisão a composição superficial de uma partícula 93% das vezes, apresentando acurácia de 95% no caso de partículas de plástico.

Anexo D - Procedimentos Operacionais Padrão para Extração e Medição por Espectroscopia Raman de Partículas Microplásticas em Água Potável

Esse anexo estabelece a padronização para determinação de microplásticos maiores que 20 µm em água potável, usando microscopia visual para contagem de partículas e espectroscopia Raman para identificação química. O método foi elaborado com base em literatura revisada por pares e pode detectar partículas entre 20-5.000 µm.

A metodologia envolve a extração de microplásticos de amostras de água potável usando peneiramento e filtração a vácuo. Assim como no método do Anexo C, as amostras devem ser divididas em frações de tamanho (entre 20-212 µm, entre 212-500 µm e >500 µm). As amostras processadas devem ser examinadas por estereomicroscopia para identificar partículas de plástico. Uma subamostra representativa de partículas deve ser selecionada para espectroscopia Raman para determinar o tipo de material. A proporção de microplásticos confirmados é aplicada às contagens totais para estimar a quantidade de microplásticos por litro.

O menor tamanho de partícula detectado de forma confiável por este método é de 20 µm. Para essa fração de tamanho, os dados de desempenho do método mostram precisão de 92±57% para contagem de partículas plásticas suspeitas por microscopia óptica e 82% de precisão na determinação da composição das partículas pela espectroscopia Raman. No caso de partículas de plástico, a identificação correta pela espectroscopia Raman alcança 91%.

5.2.4 – Legislação da União Europeia - Diretiva (EU) 2020/2184 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano

Essa Diretiva do Parlamento Europeu e de seu Conselho, de 16 de dezembro de 2020, substituiu a Diretiva 98/83/CE e estabelece a norma geral sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano na União Europeia.

A Diretiva implementa uma abordagem baseada no risco para a segurança da água, cobrindo toda a cadeia de abastecimento, desde as áreas de captação, passando pelo tratamento e armazenamento, até a distribuição. Esta abordagem inclui três componentes principais: avaliação e gestão dos riscos das áreas de captação, avaliação e gestão dos riscos dos sistemas de abastecimento, e avaliação dos riscos dos sistemas de distribuição doméstica.

A diretiva estabelece parâmetros e valores paramétricos para várias substâncias químicas e microbiológicas, incluindo novos parâmetros como compostos per- e polifluoroalquílicos (PFAS), bisfenol A, ácidos haloacéticos e microcistina-LR. Para alguns parâmetros, como o chumbo, são estabelecidos valores mais rigorosos a serem implementados gradualmente até 2036. São também definidos requisitos específicos para materiais que entram em contato com a água potável, visando harmonizar os padrões em toda a UE.

Com relação aos microplásticos, a diretiva aborda diretamente esta questão em seu considerando n.º 7, reconhecendo "a crescente preocupação pública sobre os efeitos de compostos emergentes, como os disruptores endócrinos, produtos farmacêuticos e microplásticos, na saúde humana através do uso de água destinada ao consumo humano".

Seu artigo 8º estabelece que "os Estados-Membros devem prestar particular atenção nos seus riscos de avaliação aos microplásticos" quando águas superficiais são captadas para consumo humano.

No Artigo 13, parágrafo 6, foi estabelecido que "até 12 de janeiro de 2024, a Comissão deveria publicar ato para complementação da diretiva, adotando uma metodologia para medir os microplásticos com vista a incluí-los na lista de vigilância". Esta disposição reconhece a necessidade da padronização dos métodos para quantificar microplásticos em águas potáveis.

O mecanismo da lista de vigilância, funciona como um instrumento dinâmico e adaptativo visando a proteção da saúde pública em relação à qualidade da água destinada ao consumo humano. Essa lista deve incluir substâncias emergentes de preocupação, como disruptores endócrinos, produtos farmacêuticos e microplásticos. A Comissão Europeia deve publicar atos de execução para elaborar e atualizar periodicamente essa lista, garantindo que os Estados-Membros monitorem essas substâncias na água potável. Os Estados-Membros, por sua vez, devem realizar o monitoramento periódico dos contaminantes da lista de vigilância, verificando se a água atende aos requisitos da diretiva.

As primeiras substâncias da lista de vigilância foram estabelecidas por meio da Decisão de Execução (UE) 2022/679, o 17β-estradiol e o nonilfenol, devido a suas propriedades de disruptores do sistema endócrino e o risco que representam para a saúde humana.

A diretiva 2020/2184 também estabelece no Artigo 19 que "a Comissão deve, no mais tardar até 12 de janeiro de 2029, apresentar um relatório sobre a potencial ameaça às fontes de água destinada ao consumo humano decorrente de microplásticos, produtos farmacêuticos e outros contaminantes emergentes, e sobre os riscos relevantes associados à saúde".

São estabelecidos requisitos para monitoramento regular da qualidade da água, com metodologias de teste específicas e frequências de amostragem baseadas no volume de água distribuída. Os Estados-Membros devem transpor esta diretiva para a legislação nacional até 12 de janeiro de 2023, com algumas disposições específicas tendo prazos de implementação mais longos. A diretiva deve ser avaliada pela Comissão da União Europeia até 12 de janeiro de 2035, analisando sua eficácia na proteção da saúde humana e na melhoria do acesso à água potável.

A abordagem da diretiva em relação aos microplásticos e outros contaminantes emergentes demonstra um caminho faseado: primeiro, estabelecer metodologias de medição padronizadas, depois incluir substâncias na lista de vigilância para coleta de dados e, finalmente, avaliar os riscos com base nesses dados para possível regulamentação futura.

5.2.5 – Legislação da União Europeia – Decisão Delegada (UE) 2024/1441 da Comissão Europeia

A Decisão Delegada (UE) 2024/1441 foi adotada pela Comissão Europeia em 11 de março de 2024, com o objetivo de complementar a Diretiva (UE) 2020/2184, que trata da qualidade da água destinada ao consumo humano.

Essa Decisão reconhece que os microplásticos são pequenos fragmentos de polímeros sintéticos ou quimicamente modificados, que se tornaram amplamente presentes no ambiente devido ao lançamento de plásticos e sua degradação.

A Decisão 2024/1441 destaca a necessidade de uma metodologia padronizada para medir microplásticos na água, a fim de compreender melhor sua ocorrência ao longo da cadeia de abastecimento de água e determinar sua concentração, forma, tamanho e composição. A metodologia proposta visa fornecer dados confiáveis e comparáveis, que possam ser usados para futuras avaliações de risco e para a tomada de decisões sobre a qualidade da água.

A Decisão estabelece ainda que a metodologia para medir microplásticos deve ser proporcional, apropriada e eficiente em termos de custos, considerando a complexidade e o custo associado à coleta, análise e documentação dos dados. Também enfatiza a importância de uma abordagem pragmática para reduzir a complexidade dos dados, classificando os microplásticos com base em categorias pré-definidas de tamanho, forma e composição.

O Anexo da Decisão Delegada (UE) 2024/1441 detalha a metodologia para medir microplásticos na água destinada ao consumo humano. A metodologia é dividida em várias etapas, desde a coleta de amostras até a análise e classificação dos microplásticos.

a) Definições e Conceitos

Na parte inicial do Anexo, são apresentadas as definições relevantes para sua aplicação, como "microplástico", "partícula", "fibra", "polímero" e "polímero sintético". Essas definições são essenciais para garantir que a metodologia seja aplicada de forma consistente e que os resultados sejam comparáveis entre diferentes estudos e laboratórios. Além disso, o Anexo define uma lista com 10 polímeros prioritários, que são os mais comumente encontrados no ambiente e que devem ser priorizados na identificação de microplásticos: polietileno (PE), polipropileno (PP), polietileno

tereftalato (PET), poliestireno (PS), policloreto de vinila (PVC), poliamida (PA), poliuretano (PU), polimetilmetacrilato (PMMA), politetrafluoretileno (PTFE) e policarbonato (PC).

b) Metodologia de Coleta e Análise

A metodologia proposta envolve a coleta de amostras de água utilizando uma cascata de filtros com diferentes tamanhos de poros (100 μm e 20 μm) para capturar partículas e fibras de microplásticos. A água é passada diretamente pelos filtros, sem o uso de recipientes intermediários, para minimizar a contaminação por partículas de plástico externas. A metodologia também exige a realização de "brancos procedimentais" para quantificar e monitorar a contaminação de fundo durante o processo de coleta e análise. É estabelecido que deve ser amostrado um volume mínimo de 1.000 (mil) litros de água, devendo-se medir e registrar o volume total de água que passa pela cascata de filtros.

Para a análise das amostras, a Decisão define que devem ser utilizadas técnicas de espectroscopia vibracional, como microespectroscopia de infravermelho (μ -FTIR), microespectroscopia Raman (μ -Raman) ou microscopia por infravermelhos com laser de cascata quântica (QCL-IR), que permitem identificar a composição dos polímeros presentes nas partículas e fibras coletadas.

c) Classificação e Quantificação

Os microplásticos deverão ser classificados com base em categorias pré-definidas de tamanho, forma e composição. As partículas devem ser classificadas em faixas de tamanho específicas (por exemplo, 20-50 μm , 50-100 μm etc.), enquanto as fibras devem ser classificadas com base em seu comprimento e largura. A composição dos microplásticos deverá ser classificada em três categorias: (1) polímeros prioritários, (2) polímeros sintéticos ou quimicamente modificados que não estão na lista de polímeros prioritários, e (3) outros materiais (por exemplo, minerais ou polímeros naturais).

A concentração de microplásticos na água deverá ser expressa como o número de partículas ou fibras por metro cúbico de água. A metodologia também exige que sejam registradas informações adicionais, como o volume total de água amostrada, o local e o horário da coleta, e os detalhes do tratamento e análise da amostra.

d) Considerações Finais

O Anexo enfatiza a importância de seguir padrões de segurança laboratorial e ambiental durante a aplicação da metodologia. Além disso, a metodologia permite flexibilidade no uso de diferentes equipamentos e técnicas de análise, desde que atendam aos requisitos mínimos para a coleta e identificação de microplásticos. Essa flexibilidade é importante para garantir que a metodologia

possa ser aplicada em diferentes contextos e laboratórios, sem comprometer a qualidade dos dados obtidos.

5.2.6 – Comparação das normas da Califórnia e da União Europeia

O estado da Califórnia e a União Europeia foram pioneiros na adoção de normas relacionadas aos microplásticos em águas potáveis, mas com estratégias e cronogramas distintos. A Califórnia foi a primeira a estabelecer requisitos específicos de monitoramento através da SB 1422 em 2018, enquanto a União Europeia incluiu os microplásticos em sua abrangente Diretiva 2184, em 2020.

a) Abordagem Regulatória e Status

Na Califórnia, foi adotada uma abordagem legislativa direta (SB 1422) que obriga ações específicas (definição, metodologia, monitoramento) sobre os MP. Essas partículas são tratadas como um contaminante a ser ativamente monitorado e reportado.

Na União Europeia, os MP foram incluídos em uma diretiva mais ampla (2020/2184), que engloba essas partículas na categoria de contaminantes emergentes. Traz uma abordagem mais cautelosa, estabelecendo a necessidade de padronização da medição dos MP visando sua inclusão na lista de vigilância e posteriormente seu monitoramento.

b) Definição para Microplásticos

A legislação da Califórnia considera microplásticos como materiais poliméricos sólidos (incluindo aqueles com aditivos químicos) com dimensões entre 1 nm e 5.000 μm (5 mm), excluindo polímeros naturais não modificados (exceto por hidrólise).

A União Europeia define microplásticos como objetos sólidos, insolúveis em água e compostos parcial ou totalmente por polímeros sintéticos ou naturais quimicamente modificados. Além disso, diferencia entre partículas (com dimensões ≤ 5 mm e razão comprimento/largura ≤ 3) e fibras (com comprimento ≤ 15 mm e razão comprimento/largura > 3).

Assim, verifica-se a norma europeia é mais abrangente que a legislação da Califórnia, incluindo distinção entre partículas e fibras. A legislação da Califórnia, por sua vez, estabelece um limite único superior de tamanho (inferior a 5 mm) e inclui um limite inferior de tamanho (partículas maiores que 1 nm).

c) Metodologia de Análise

A legislação da Califórnia adotou métodos padronizados específicos em 2022 (Res. 2022-0032 CSWRCB), detalhados em seus Anexos C (Espectroscopia de Infravermelho, com capacidade

de detecção de partículas >50 µm) e D (Espectroscopia Raman, capaz de identificar partículas >20 µm).

Na União Europeia, a metodologia padronizada foi estabelecida posteriormente, em março de 2024 (Decisão Delegada 2024/1441). Essa metodologia enfatiza uma abordagem pragmática, proporcional e custo-efetiva, classificando MP por categorias pré-definidas de tamanho, forma e composição, além de definir 10 polímeros prioritários (PE, PP, PET, PS, PVC, PA, PU, PMMA, PTFE e PC). Foram definidas como técnicas de análise os métodos de espectroscopia vibracional, como microespectroscopia de infravermelho (µ-FTIR), microespectroscopia Raman (µ-Raman) ou microscopia por infravermelhos com laser de cascata quântica (QCL-IR).

d) Implementação do Monitoramento

Na Califórnia, a legislação implementou um programa de monitoramento obrigatório, iniciado após setembro de 2022, dividido em duas fases: Fase I, de 2023 a 2025, focando em partículas entre com tamanho mínimo de 50 µm na água bruta; e Fase II, de 2026 a 2028, focando em partículas maiores que 5 µm nas águas tratadas.

Na União Europeia, o monitoramento de MP ainda não é obrigatório. Depende ainda da inclusão formal dos MP na lista de vigilância, o que foi viabilizado pela publicação da metodologia padronizada (Decisão Delegada 2024/1441). Porém, para início do monitoramento, será ainda necessária a publicação de uma decisão de execução, incluindo formalmente os MP na lista de vigilância e estabelecendo valores de referência.

e) Síntese da Comparação

A tabela 7 apresenta um resumo da comparação entres os principais aspectos das normativas da Califórnia e da União Europeia sobre microplásticos em águas potáveis.

Tabela 7 - Síntese da comparação entre as normativas da Califórnia e da União Europeia sobre microplásticos em águas potáveis

Aspecto	Califórnia SB 1422/2018 Res. 2022-0032 CSWRCB	União Europeia Diretiva 2020/2184 Decisão Delegada 2024/1441
Ano de aprovação	2018 (SB 1422) 2022 (Resolução CSWRCB 0032)	2020 (Diretiva 2184) 2024 (Decisão Delegada 1441)

Aspecto	Califórnia SB 1422/2018 Res. 2022-0032 CSWRCB	União Europeia Diretiva 2020/2184 Decisão Delegada 2024/1441
Definição de microplásticos	Materiais poliméricos sólidos aos quais aditivos químicos ou outras substâncias podem ter sido adicionados, que são partículas que têm pelo menos três dimensões maiores que 1 nm e menores que 5.000 micrômetros (µm)	Objetos sólidos, insolúveis em água e compostos parcial ou totalmente por polímeros sintéticos ou naturais quimicamente modificados. Diferencia partículas (dimensões ≤5 mm e razão comprimento/largura ≤3) de fibras (comprimento ≤15 mm e razão comprimento/largura >3)
Metodologia analítica	Microscopia óptica Espectroscopia IR (FTIR, LDIR, O-PTIR) e Raman	Microscopia óptica Espectroscopia Vibracional
Fases de implementação	Fase I (2023-2025): MP >50 µm, focada em águas brutas Fase II (2026-2028): MP >5 µm, focada em águas potáveis	Até 2024 - Adoção de uma metodologia para medir os microplásticos com vista a incluí-los na lista de vigilância – concluído Inclusão dos MP na lista de vigilância – não realizado Até 2029 - Apresentar relatório ao Parlamento Europeu sobre a ameaça potencial da presença de microplásticos nas águas potáveis
Sistemas cobertos	30 sistemas públicos selecionados (> 5.300 pessoas)	Todos os Estados-Membros, com atenção especial a águas superficiais
Volume de amostragem	Não especificado	Mínimo de 1.000 litros
Polímeros prioritários	Não especifica lista	10 polímeros: PE, PP, PET, PS, PVC, PA, PU, PMMA, PTFE, PC
Requisitos de relatório	4 anos de testes e relatórios com divulgação pública	Relatório sobre ameaças potenciais, a ser publicado até 2029
Abordagem regulatória	Específica para microplásticos com monitoramento obrigatório	Integrada em abordagem baseada em risco para qualidade da água

Fonte: elaborado pelo autor

As legislações da Califórnia e da União Europeia reconhecem a importância da inclusão das verificações sobre microplásticos nas águas potáveis, a Califórnia adotou uma abordagem mais imediata e específica, enquanto a União Europeia optou por uma estratégia mais abrangente e cautelosa. A experiência californiana pode servir como modelo para outras jurisdições, incluindo o Brasil, especialmente no que se refere à implementação prática de programas de monitoramento. Por outro lado, a abordagem europeia oferece uma visão mais abrangente, incluindo os microplásticos junto a outros contaminantes emergentes, dentro de um contexto mais amplo da segurança da água destinada ao consumo humano.

6 – CONCLUSÃO

A presente pesquisa analisou a presença de microplásticos em águas potáveis através de uma revisão sistematizada de literatura e realizou o levantamento de normas internacionais sobre o tema, por meio de pesquisa documental. Os resultados obtidos permitiram identificar aspectos relevantes sobre a ocorrência, detecção e regulamentação dos microplásticos, trazendo elementos de debate para abordagem desse problema no contexto brasileiro.

A análise dos 39 estudos selecionados revelou que os microplásticos estão amplamente presentes em águas potáveis ao redor do mundo, com concentrações variando significativamente. Essa ampla variação pode ser atribuída às diferentes metodologias de coleta e análise empregadas, às características regionais dos sistemas de abastecimento e às fontes de contaminação locais. No contexto brasileiro, foram identificados apenas três estudos, evidenciando uma lacuna importante no conhecimento sobre a contaminação por microplásticos nas águas distribuídas à população no Brasil.

A revisão de literatura identificou uma diversidade de métodos analíticos empregados na detecção de microplásticos, com predomínio das técnicas de microscopia óptica e espectroscopia (Raman e FTIR). A falta de padronização metodológica é um desafio relevante, dificultando a comparação direta entre estudos e a avaliação precisa dos riscos associados. A maioria dos estudos concentrou-se na detecção de partículas maiores que 20 µm, deixando uma lacuna significativa no conhecimento sobre partículas menores, que podem representar riscos à saúde humana.

Os fragmentos foram a forma predominante de microplásticos detectada (58% dos estudos), seguidos das fibras (32%). Com relação à composição, o polietileno tereftalato (PET), polietileno (PE) e polipropileno (PP) foram os polímeros mais frequentemente identificados, refletindo seu uso generalizado em embalagens e produtos de consumo. Este padrão sugere também que a gestão inadequada de resíduos sólidos plásticos contribui significativamente para a contaminação das águas. Assim, a implementação de políticas de resíduos sólidos, como a logística reversa de embalagens implementada no Brasil, pode auxiliar na redução do descarte inadequado de materiais plásticos no ambiente, reduzindo a geração de partículas plásticas que podem acabar contaminando os mananciais de abastecimento de água.

Os resultados demonstraram que as estações de tratamento de água (ETA) apresentam capacidade variável de remoção de microplásticos, com eficiências variando entre 33,1% e 100%, e média de 76%. As ETA que empregam processos avançados de tratamento, como ultrafiltração ou múltiplas etapas de filtração, demonstraram maior eficácia na remoção dessas partículas. Contudo, mesmo com tratamento adequado, microplásticos ainda podem ser detectados nas águas tratadas,

especialmente partículas menores que 10 µm, que são mais difíceis de remover pelos processos convencionais.

Um achado preocupante foi o aumento da concentração de microplásticos nas redes de distribuição em comparação com a saída das ETA, com incrementos variando de 38% a 927%. Isso indica que as próprias tubulações e componentes do sistema de distribuição podem atuar como fontes secundárias de contaminação, destacando a necessidade de considerar toda a cadeia de abastecimento no controle dos microplásticos nas águas destinadas ao consumo humano.

O levantamento normativo revelou que apenas duas jurisdições - Califórnia (EUA) e União Europeia - estabeleceram regulamentações específicas para microplásticos em águas potáveis. A Califórnia adotou uma abordagem pioneira, com monitoramento obrigatório já em implementação, enquanto a União Europeia optou por uma estratégia mais cautelosa e integrada, focada inicialmente no desenvolvimento metodológico.

No Brasil, a Portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelece limites ou procedimentos específicos para microplásticos, embora exija o monitoramento de cloreto de vinila em redes com tubulações de PVC. Esta lacuna regulatória representa uma oportunidade para o desenvolvimento de normativas adequadas à realidade nacional.

Os resultados desta pesquisa evidenciam que os microplásticos constituem um contaminante emergente que demanda atenção das autoridades brasileiras. A escassez de estudos nacionais sobre o tema ressalta a necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de capacidade analítica local. Os modelos regulatórios da Califórnia e União Europeia oferecem subsídios relevantes para a elaboração de normativas e podem ser utilizados como fundamentos para uma norma brasileira.

7 – PRODUTO

O produto resultante desta pesquisa consiste em diretrizes para elaboração de normativa brasileira sobre microplásticos em águas potáveis, sendo apresentado no Apêndice I deste trabalho. Estas diretrizes visam subsidiar os órgãos reguladores nacionais no preenchimento da lacuna regulatória identificada no Brasil, que atualmente não possui regramento para o monitoramento de microplásticos em águas potáveis.

As diretrizes propostas foram fundamentadas na análise comparativa entre as regulamentações da Califórnia (SB 1422/2018) e da União Europeia (Diretiva 2020/2184), englobando nove eixos:

1. Definição e Escopo - recomendação para adoção de uma definição abrangente para os MP;

2. Padronização Metodológica – indicação de possíveis técnicas para garantir comparabilidade dos dados coletados em nível nacional;
3. Programa de Monitoramento Faseado – sugere a implementação gradual no monitoramento, para assegurar sua sustentabilidade econômica e técnica;
4. Capacitação Laboratorial e Acreditação - propõe a criação de um programa para fortalecer a capacidade analítica dos laboratórios brasileiros;
5. Gestão de Dados e Transparência – orientações para a divulgação pública e contextualizada dos resultados;
6. Abordagem Baseada em Risco – sugere priorizar a coleta sistemática de dados, para subsidiar futuras definições de limites máximos;
7. Medidas de Controle e Redução – propõe a criação de recomendações para otimização dos processos de tratamento de água e para seleção de materiais, visando reduzir a contaminação das águas potáveis;
8. Fomento à Pesquisa e Desenvolvimento - orienta para o incentivo à produção científica local, com objetivo de aumentar o conhecimento científico sobre esse tema no Brasil; e
9. Articulação Institucional – ressalta a importância da clara definição de responsabilidades institucionais, garantindo coerência entre políticas públicas e evitando sobreposições de competências.

8 - REFERÊNCIAS

ACARER, S. **A review of microplastic removal from water and wastewater by membrane Technologies**. Water Science & Technology Vol 88 No 1, 199. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2023.186>. Acesso em: 24/05/2024.

ALONSO-VÁZQUEZ, P. et al. **Advances in analysis of microplastics in drinking water treatment plants. Fluorescence techniques using iDye Pink**. Environmental Technology & Innovation. Volume 32, November 2023, 103430. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103430>. Acesso em: 28/09/2024.

AMBIPAR. **Poluição Plástica**. 2023. Disponível em: <https://www.verdeghaia.com.br/plouicao-plastica>. Acesso em: 29/01/2025.

ANDRADY, A. L. **Microplastics in the marine environment**. Marine Pollution Bulletin Volume 62, Issue 8, August 2011, Pgs1596-1605. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>. Acesso em: 13/07/2024.

BARCHIESI, M. et al. **A critical analysis on the limits and possibilities of the μ -Raman as a routine method for microplastics determination in drinking water.** Journal of Water Process Engineering. Volume 65, August 2024, 105771. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105771>. Acesso em: 28/09/2024.

BÄUERLEIN, P. S. et al. **Fate of microplastics in the drinking water production.** Water Research 221 (2022) 118790. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118790>. Acesso em: 29/09/2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. **Resolução Conama n.º 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 18/05/2025.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 25/05/2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Cadernos Temáticos Saneamento Básico - Abastecimento de Água Potável.** Brasília: Funasa, 2016. Disponível em: <https://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Abastecimento+de+%C3%81gua+Pot%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 18/05/2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/Superintendência Estadual do Pará.** Brasília: Funasa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/476/Manual%20da%20SALTAZ%20WEB.pdf>. Acesso em: 18/05/2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS n.º 888, de 04 de maio de 2021.** Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 28/09/2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Do SNIS ao SINISA - Informações para planejar o Abastecimento de Água.** 2020. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/cadernos-tematicos/DO_SNIS_AO_SINISA_AGUA_SNIS_2019_REPUBLICACAO_compressed.pdf. Acesso em: 17/05/2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brasil avança na política de resíduos e institui Sistema de Logística Reversa de Embalagens de Plástico.** 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/brasil-avanca-na-politica-de-residuos-e-institui-sistema-de-logistica-reversa-de-embalagens-de-plastico>. Acesso em: 14/12/2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Embalagens em Geral.** Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir). 2025b. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/embalagens-em-geral>. Acesso em: 25/05/2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares**. Brasília, DF: MMA, 2022. Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Acesso em: 25/05/2025.

BROWNE, M. A. et al. **Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks**. Environmental Science & Technology, 45(21), 9175-9179. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/es201811s>. Acesso em: 13/07/2024.

BUYUKUNAL, S. K. B.; KOLUMAN, A.; MURATOGLU, K. **Microplastic pollution of drinking water in a metropolis**. Journal of Water and Health. Vol 21 No 6, 687. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wh.2023.265>. Acesso em: 29/09/2024.

CALIFÓRNIA. **Senate Bill No. 1422 CHAPTER 902**. An act to add Section 116376 to the Health and Safety Code, relating to drinking water. Sacramento, California. 2018. Disponível em: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201720180SB1422. Acesso em: 29/11/2024.

CALIFORNIA STATE WATER RESOURCES CONTROL BOARD - CSWRCB. **Resolution n.º 2020-0021. Adoption of Definition of ‘Microplastics in Drinking Water’**. 2020. Disponível em: https://www.waterboards.ca.gov/board_decisions/adopted_orders/resolutions/2020/rs2020_0021.pdf. Acesso em: 30/11/2024.

CALIFORNIA STATE WATER RESOURCES CONTROL BOARD - CSWRCB. **Resolution n.º 2022-0032 - Adopting a Policy Handbook Establishing a Standard Method of Testing and Reporting of Microplastics in Drinking Water**. 2022. Disponível em: https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/documents/microplastics/rs2022-0032.pdf. Acesso em: 30/11/2024.

CÂMARA DOS DEPUTADOS DO BRASIL. **Projeto de Lei 612/2007**. 2025a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=346504>. Acesso em: 28/01/2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS DO BRASIL. **Projeto de Lei 6528/2016**. 2025b. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2117806>. Acesso em: 28/01/2025.

CASILLAS, G. et al. **Microplastics Scoping Review of Environmental and Human Exposure Data**. Microplastics 2023, 2, 78–92. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/microplastics2010006>. Acesso em 02/02/2025.

CENTRO DE INFORMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O BRASIL - UNIC RIO. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 25/01/2025.

COALIZÃO EMBALAGENS. **Relatório de Logística Reversa de Embalagens em Geral**. 2024. Disponível em: https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2025/05/CoalizaoEmbalagens_Divulgacao.pdf. Acesso em: 30/05/2025.

CORDEIRO, R. D. M. et al. **Profile and Different Approaches for Size Characterization of Microplastics in Drinking Water from the Lisbon Water Supply System.** *Molecules* 2024, 29(18), 4426. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules29184426>. Acesso em: 06/12/2025.

COX, K. D. et al. **Human Consumption of Microplastics.** *Environmental Science & Technology*. 2019, 53, 7068–7074. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>. Acesso em 02/05/2025.

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches.** 4th ed. Sage Publications. 2014.

CRUZ, E. M. T.; ALMEIDA, F. R. **Exposição a nano e microplásticos e seus impactos na saúde humana: uma revisão da literatura.** *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 6, p. 2355-2375. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i6.8663>. Acesso em: 27/10/2024.

DALMAU-SOLER, J.; BOLEDA, M. R.; LACORTE, S. **Routine method for the analysis of microplastics in natural and drinking water by pyrolysis coupled to gas chromatography-mass spectrometry.** *Journal of Chromatography A*. Volume 1730, 16 August 2024, 465153. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2024.465153>. Acesso em: 29/09/2024.

DALMAU-SOLER, J.; BOLEDA, M. R.; LACORTE, S. **Implementation plan to monitor microplastics in surface and drinking water using Py-GC-MS according to Decision (EU) 2024/1441.** *Environmental Pollution* 373, 126174. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126174>. Acesso em: 06/12/2025.

DANOPOULOS, E.; TWIDDY M.; ROTCHELL, J. M. **Microplastic contamination of drinking water: A systematic review.** *PLoS ONE* 15(7): e0236838. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236838>. Acesso em: 17/05/2025.

DE FROND, H. et al. **Monitoring microplastics in drinking water: An interlaboratory study to inform effective methods for quantifying and characterizing microplastics.** *Chemosphere* 298 (2022) 134282. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134282>. Acesso em: 23/11/2024.

DRIS, R. et al. **Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris.** *Environmental Chemistry*, 2015, 12, 592–599. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1071/EN14167>. Acesso em: 14/07/2024.

ERIKSEN, M. et al. **Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes.** *Marine Pollution Bulletin*, 77(1-2), 177-182. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>. Acesso em: 17/07/2024.

EUROPEAN UNION. **Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment.** 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/904/oj>. Acesso em: 21/09/2024.

EUROPEAN UNION. **Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament And Of The Council on the quality of water intended for human consumption.** 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184>. Acesso em: 28/02/2025.

EUROPEAN UNION. **Commission Implementing Decision (EU) 2022/679**. 2022. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022D0679>. Acesso em: 28/02/2025.

EUROPEAN UNION. **Commission Delegated Decision (EU) 2024/1441 supplementing Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council by laying down a methodology to measure microplastics in water intended for human consumption**. 2024. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401441. Acesso em: 28/02/2025.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY – ECHA. **Background Document to the Opinion on the Annex XV report proposing restrictions on intentionally added microplastics**. 2020. Disponível em: <https://echa.europa.eu/documents/10162/b56c6c7e-02fb-68a4-da69-0bcdb504212b>. Acesso em: 23/09/2024.

EXPOSITO, N. et al. **Microplastics in Treatment Units and Water Recirculation Systems of Two Drinking Water Treatment Plants Feed with Fresh Water in Catalonia (NE Spain)**. *Water Air Soil Pollut* 236, 755. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08313-3>. Acesso em: 07/12/2025.

FELD, L. et al. **A Study of Microplastic Particles in Danish Tap Water**. *Water* 2021, 13, 2097. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w13152097>. Acesso em: 23/09/2024.

FENDALL, L. S.; SEWELL, M. A. **Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers**. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225-1228. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025>. Acesso em: 03/08/2024.

FERRAZ, M. et al. **Microplastic Concentrations in Raw and Drinking Water in the Sinos River, Southern Brazil**. *Water* 2020, 12, 3115. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w12113115>. Acesso em: 03/08/2024.

FERREIRA FILHO, S. S. **Tratamento de água : concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. 1. ed. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2017.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. **Production, use, and fate of all plastics ever made**. *Sci. Adv.* 3, e1700782(2017). 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>. Acesso em: 03/08/2024.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. - São Paulo. Atlas, 2002.

GOMIERO, A. et al. **Application of GCMS-pyrolysis to estimate the levels of microplastics in a drinking water supply system**. *Journal of Hazardous Materials*. Volume 416, 15 August 2021, 125708. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125708>. Acesso em: 14/09/2024.

GOERCK, J. **Microplásticos em água para consumo humano: diagnóstico e avaliação de riscos à saúde humana**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/31626>. Acesso em: 29/08/2024.

HAN, Z. et al. **Occurrence and fate of microplastics from a water source to two different drinking water treatment plants in a megacity in eastern China**. *Environmental Pollution*.

Volume 346, 1 April 2024, 123546. 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123546>. Acesso em: 05/10/2024.

HAN, Z. et al. **Occurrence and risk of microplastics and hexabromocyclododecane in urban drinking water systems: From source water to tap water**. *Science of the Total Environment* 958, 177966. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177966>. Acesso em: 06/12/2025.

HARTMANN, N. B. et al. **Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris**. *Environmental Science & Technology* 2019 53 (3), 1039-1047. 2019. Disponível em:
<https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.8b05297>. Acesso em: 28/09/2024.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. **IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans**. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–137. S. d. Disponível em: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>. Acesso em: 30/09/2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **Technical Report 21960:2020**. 2020. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/72300.html>. Acesso em: 21/09/2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 24187:2023 Principles for the analysis of microplastics present in the environment**. 2023. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/78033.html>. Acesso em: 30/11/2024.

JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION - JRC, Belz, S., Cella, C., Geiss, O., Gilliland, D., La Spina, Sokull-Kluettgen, B., **Analytical methods to measure microplastics in drinking water**. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/109944>. Acesso em: 23/11/2024.

KARBALAEI, S. et al. **Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution**. *Environ Sci Pollut Res* 25, 36046–36063 (2018). 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3508-7>. Acesso em: 29/09/2024.

KAZA, S. et al. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development. 2018. World Bank. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/30317>. Acesso em: 17/05/2025.

KIRSTEIN, I. V. et al. **Drinking plastics? – Quantification and qualification of microplastics in drinking water distribution systems by μ FTIR and Py-GCMS**. *Water Research* 188 (2021) 116519. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116519>. Acesso em: 29/09/2024.

KOELMANS, A. A. et al. **Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality**. *Water Res.* 2019 May 15;155:410-422. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>. Acesso em 27/07/2025.

KOLE, P. J. et al. **Wear and tear of tyres: a stealthy source of microplastics in the environment**. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1265. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph14101265>. Acesso em: 13/07/2024.

KUNZ, A. **What is microplastic?** Microplastic Research in Taiwan. 2025. Disponível em: <https://microplasticresearch.wordpress.com/what-is-microplastic>. Acesso em: 06/04/2025.

LAM, T. W. L. et al. **Microplastic Contamination of Surface Water-Sourced Tap Water in Hong Kong — A Preliminary Study**. Appl. Sci. 2020, 10, 3463. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10103463>. Acesso em: 29/09/2024.

LI, X. et al. **Tracking Microplastics Contamination in Drinking Water Supply Chain in Haikou, China: From Source to Household Taps**. Toxics 2024, 12(11), 793. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxics12110793>. Acesso em: 06/12/2025.

LIMA JUNIOR, Eduardo B. et al. **Análise Documental como Percurso Metodológico na Pesquisa Qualitativa**. Cadernos da Fucamp, v.20, n.44, p.36-51/2021.

LINTSEN, H.; HOLLESTELLE, M.; HÖLSGENS, R. **The Plastics Revolution - How the Netherlands Became a Global Player in Plastics**. Foundation for the History of Technology. 2017. Disponível em: https://research.tue.nl/files/109478248/Harry_ThePlasticRevolution_totaal_digtiaal.pdf. Acesso em: 24/09/2024.

MANDALHO, L.; CARDOSO, A.; FONSECA, C. **Microplásticos em Águas Potáveis e Seus Efeitos na Saúde Humana**. Revista Multidisciplinar de Saúde. V. 5, Nº 2, 2024. ISSN: 2675-8008. V. 5, Nº 2, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.51161/conbrasau2024/35077>. Acesso em: 28/09/2024.

MANDALHO, L.; FONSECA, C. **Alternativas Normativas para Redução de Microplásticos no Meio Ambiente**. Anais do I Congresso Nacional On-line de Integração em Saúde e Meio Ambiente (I CONSAMEI). Editora Integrar. ISBN: 978-65-88884-43-0. Disponível em: <https://10.51189/consamei/27535>. Acesso em: 21/09/2024.

MAO, Y. et al. **Recent advances in microplastic removal from drinking water by coagulation: Removal mechanisms and influencing factors**. Environmental Pollution 349 (2024) 123863. 2024. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123863>. Acesso em: 24/05/2025.

MAURIZI, L. et al. **It matters how we measure - Quantification of microplastics in drinking water by μ FTIR and μ Raman**. Heliyon. Volume 9, Issue 9e20119. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20119>. Acesso em: 05/10/2024.

MAXIQUIM. **Monitoramento dos Índices de Reciclagem Mecânica de Plásticos Pós-Consumo no Brasil 2024 (Ano-Base 2023)**. 2024. Disponível em: https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2024/10/Indices_Reciclagem2023_PICPlast2024-Divulgacao_-2.pdf. Acesso em: 24/05/2025.

MOHAN, M. et al. **Screening for microplastics in drinking water and its toxicity profiling in zebrafish**. Chemosphere. Volume 341, November 2023, 139882. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139882>. Acesso em: 05/10/2024.

MONTAGNER, C. C. et al. **Microplásticos: Ocorrência Ambiental e Desafios Analíticos**. Química Nova, Vol. 44, No. 10, 1328-1352, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>. Acesso em: 24/05/2025.

MORACZEWSKA-MAJKUT, K.; NOCOŃ, W. K. **Microplastic in tap water – preliminary tests**. *Desalination and Water Treatment*. 275 (2022) 116–121. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28822>. Acesso em: 05/10/2024.

MOVIMENTO PLÁSTICO TRANSFORMA. **Resultados do índice de reciclagem mecânica de plásticos pós-consumo no brasil**. 2025. Disponível em: https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2025/10/INDICE_DE_RECICLAGEM2025_MPT.pdf. Acesso em: 14/12/2025.

MUKOTAKA, A.; KATAOKA, T.; NIHEI, Y. **Rapid analytical method for characterization and quantification of microplastics in tap water using a Fourier-transform infrared microscope**. *Science of The Total Environment*. Volume 790, 10 October 2021, 148231. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148231>. Acesso em: 05/10/2024.

MUNNO K, et al. **Increasing the Accessibility for Characterizing Microplastics: Introducing New Application-Based and Spectral Libraries of Plastic Particles (SLoPP and SLoPP-E)**. *Anal Chem*. 2020 Feb 4;92(3):2443-2451. Disponível em: <https://doi:10.1021/acs.analchem.9b03626>. Acesso em: 01/12/2024.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION MARINE DEBRIS PROGRAM – NOAA-MDB. **Microplastic Marine Debris Fact Sheet**. S. d. Disponível em: <https://marine-debris-site-s3fs.s3.us-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/publications-files/Microplastic%20Marine%20Debris%20Fact%20Sheet.pdf>. Acesso em: 10/08/2024.

NOCOŃ, W.; MORACZEWSKA-MAJKUT, K.; WIŚNIEWSKA, E. **Microplastics in bottled water and bottled soft drinks**. *Desalination and Water Treatment*. 312 (2023) 64–69. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.29946>. Acesso em: 05/10/2024.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2008.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Global Plastics Outlook**. OECD Publishing, Paris, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>. Acesso em 23/5/2025.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Policies to Reduce Microplastics Pollution in Water: Focus on Textiles and Tyres**. OECD Publishing, Paris, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/7ec7e5ef-en>. Acesso em 21/9/2024.

OßMANN, B. E. **Microplastics in drinking water? Present state of knowledge and open questions**. *Current Opinion in Food Science*, Volume 41, páginas 44-51. 2021. ISSN 2214-7993. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.011>. Acesso em: 05/10/2024.

PASTOR, C. B.; AGULLÓ, D. V. **Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública**. *Rev. Esp. Salud Publica*, Madrid, v. 93, e201908064, 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10560522>. Acesso em: 03/11/2024.

PITTROFF, M. et al. **Microplastic analysis in drinking water based on fractionated filtration sampling and Raman microspectroscopy**. *Environ Sci Pollut Res* 28, 59439–59451 (2021). 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12467-y>. Acesso em: 28/09/2024.

PIVOKONSKY, M. et al. **Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water**. *Science of the Total Environment* 643 (2018). 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>. Acesso em: 28/09/2024.

PIVOKONSKY, M. et al. **Occurrence and fate of microplastics at two different drinking water treatment plants within a river catchment.** Science of the Total Environment 741 (2020) 140236. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140236>. Acesso em: 28/09/2024.

PLASTICS EUROPE. **Plastics – the fast Facts 2024.** Brussels: Association os Plastics Manufactures, 2024. Disponível em: https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2024/11/PE_TheFacts_24_digital-1pager.pdf. Acesso em: 14/09/2024.

PRASERTBOONYAI, K. et al. **Abundance, characteristics, and potential human intake of microplastic contamination in tap water: A study of water supply treatment plants in Rayong Province, Thailand.** Journal of Water Process Engineering 72 (2025) 107460. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107460>. Acesso em: 06/12/2025.

PRATESI, C. B. et al. **Presence and Quantification of Microplastic in Urban Tap Water: A Pre-Screening in Brasilia, Brazil.** Sustainability 2021, 13, 6404. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13116404>. Acesso em: 28/09/2024.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA. **Dia histórico no combate à poluição plástica: nações se comprometem a desenvolver acordo juridicamente vinculante.** 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/dia-historico-no-combate-poluicao-plastica-nacoes-se>. Acesso em: 28/09/2024.

RAJALA, A. **New microplastic testing standard ISO 24187 sets guidelines for analysis.** Measurlabs, 2024a. Disponível em: <https://measurlabs.com/blog/microplastic-testing-standard-iso-24187>. Acesso em: 30/11/2024.

RAJALA, A. **Overview of ISO 16094 standards for microplastic analysis of water samples.** Measurlabs, 2024b. Disponível em <https://measurlabs.com/blog/iso-16094-standards-for-microplastic-analysis-of-water-samples>. Acesso em: 30/11/2024.

RAMAREMISA, G.; TUTU, H.; SAAD, D. **Detection and characterisation of microplastics in tap water from Gauteng, South Africa.** Chemosphere 356 (2024) 141903. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141903>. Acesso em: 28/09/2024.

RANI-BORGES, B.; MARTINS, T.F.G.; POMPÊO, M. **Status of Brazilian research on microplastics.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences (2021), 16(1): 106-117. 2021. Disponível em: [https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_16\(1\)_106-117.pdf](https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_16(1)_106-117.pdf). Acesso em: 26/07/2025.

REVEL, M.; CHÂTEL, A.; MOUNEYRAC, C. **Micro(nano)plastics: A threat to human health?** Current Opinion in Environmental Science & Health, Volume 1, 2018, Pages 17-23, ISSN 2468-5844. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.003>. Acesso em: 27/09/2023.

RODRÍGUEZ-BARROSO, R. et al. **Microplastics in drinking water. Efficiency of treatment and distribution of a drinking water cycle.** Cleaner Engineering and Technology 26, 100972. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2025.100972>. Acesso em: 07/12/2025.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares** / Editores: Renato Roscoe, Fábio Martins Mercante, Júlio Cesar Salton. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste,

2006. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/254855/1/livroDinamica....pdf>. Acesso em: 21/09/2024.

SEAY, M. et al. **Occurrence, fate and partitioning of microplastics through drinking water treatment processes**. *Journal of Water Process Engineering* 74, 107821. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107821>. Acesso em: 07/12/2025.

SHEN, M. et al. **Removal of microplastics via drinking water treatment: Current knowledge and future directions**. *Chemosphere* 251 (2020) 126612. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126612>. Acesso em: 27/07/2025.

SHIMADZU. **Analytical Solutions for Microplastics**. 2024. Disponível em: https://www.shimadzu.com/an/sites/shimadzu.com.an/files/pim/pim_document_file/brochures/13211/c10ge083.pdf. Acesso em: 16/11/2024.

SHRUTI, V. C.; PEREZ-GUEVARA, F.; KUTRALAM-MUNIASAMY, G. **Metro station free drinking water fountain- A potential “microplastics hotspot” for human consumption**. *Environmental Pollution* 261 (2020) 114227. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114227>. Acesso em: 28/09/2024.

SHRUTI, V. C. et al. **Free, but not microplastic-free, drinking water from outdoor refill kiosks: A challenge and a wake-up call for urban management**. *Environmental Pollution* 309 (2022) 119800. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119800>. Acesso em: 28/09/2024.

SOL, D. et al. **A standard analytical approach and establishing criteria for microplastic concentrations in wastewater, drinking water and tap water**. *Science of the Total Environment* 899 (2023) 165356. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165356>. Acesso em: 27/07/2025.

ŚWIETLIK, J.; MAGNUCKA, M. **Aging of drinking water transmission pipes during long-term operation as a potential source of nano- and microplastics**. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 263 (2025) 114467. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2024.114467>. Acesso em: 02/08/2025.

THACHARODI, A. et al. **Mitigating microplastic pollution: A critical review on the effects, remediation, and utilization strategies of microplastics**. *Journal of Environmental Management* Volume 351, February 2024, 119988. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119988>. Acesso em: 24/09/2024.

TAGHIPOUR, S. et al. **Tracking microplastics contamination in drinking water in Zahedan, Iran: From source to consumption taps**. *Science of the Total Environment* 872 (2023) 162121. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162121>. Acesso em: 28/09/2024.

TEOTÔNIO, M. H. R. **Presença de Microplásticos em Água de Torneira no Plano Piloto uma Região Administrativa de Brasília**. 2020. 60 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/38773/1/2020_MarceloHenriqueRamosTeot%c3%b4nio.pdf. Acesso em: 25/01/2025.

TONG, H. et al. **Occurrence and identification of microplastics in tap water from China**. *Chemosphere* 252 (2020) 126493. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126493>. Acesso em: 30/09/2024.

TSE, Y. T.; CHAN, S. M. N.; SZE, E. T. P. **Quantitative Assessment of Full Size Microplastics in Bottled and Tap Water Samples in Hong Kong**. *International Journal of Environment Research and Public Health* 2022, 19, 13432. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph192013432>. Acesso em: 30/09/2024.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT. **Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulations**. 2018. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27113/plastics_limits.pdf. Acesso em: 27/09/2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment**. 2016. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 162pp. Disponível em: https://wesr.unep.org/media/docs/assessments/unep_wwqa_report_web.pdf. Acesso em: 24/09/2024.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution**. 2021. Nairobi, Kenya. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36963/POLSOL.pdf>. Acesso em: 24/09/2024.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Third Part of the Fifth Session (INC-5.3)**. 2025. Disponível em: <https://www.unep.org/inc-plastic-pollution/session-5.3>. Acesso em: 07/12/2025.

VETHAAK, A.; LEGLER, J. **Microplastics and human health Knowledge gaps should be addressed to ascertain the health risks of microplastics**. 2021. *Science*. 371. 672-674. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1126/science.abe5041>. Acesso em: 29/09/2024.

WEBER, F. et al. **Investigation of microplastics contamination in drinking water of a German city**. *Science of the Total Environment* 755 (2021) 143421. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143421>. Acesso em: 30/09/2024.

WORLD ECONONIM FORUM. INC-5.2: **The global plastics treaty talks - here's what just happened**. 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/stories/2025/08/global-plastics-treaty-inc-5-2-explainer>. Acesso em: 07/12/2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Microplastics in drinking-water**. Geneva: World Health Organization; 2019. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf>. Acesso em: 28/10/2024.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. PROGRAMA MUNDIAL DE AVALIAÇÃO DA ÁGUA (UNESCO). **The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind**. Paris, UNESCO, 2019. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>. Acesso em: 28/09/2024.

XU, C. et al. **The Detection and Analysis of Microplastics in a Typical Mountainous Drinking Water System in China.** *Toxics* 2024, 12(11), 807. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxics12110807>. Acesso em: 06/12/2025.

XU, Y. et al. **Mass Concentration and Removal Characteristics of Microplastics and Nanoplastics in a Drinking Water Treatment Plant.** *ACS EST Water* 2024, 4, 3348–3358. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acsestwater.4c00222>. Acesso em: 07/12/2025.

YADAV, H.; SETHULEKSHMI, S.; SHRIWASTAV, A. **Estimation of microplastic exposure via the composite sampling of drinking water, respirable air, and cooked food from Mumbai, India.** *Environmental Research* 214(2022)113735. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113735>. Acesso em: 28/09/2024.

YEE, M. S-L. et al. **Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health.** *Nanomaterials* 2021, 11, 496. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nano11020496>. Acesso em: 29/09/2024.

ZHOU, G. et al. **Tracing microplastics in rural drinking water in Chongqing, China: Their presence and pathways from source to tap.** *Journal of Hazardous Materials* 459 (2023) 132206. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132206>. Acesso em: 29/09/2024.

ZHOU, G. et al. **Transport, Behavior, and Human Exposure of Microplastics in Rural Drinking Water Supply Chains.** *Environmental Health* 2025, 3, 1554–1565. 2025. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/envhealth.5c00185>. Acesso em: 07/12/2025.

APÊNDICE I - DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE NORMATIVA BRASILEIRA SOBRE MICROPLÁSTICOS EM ÁGUAS POTÁVEIS

A elaboração de uma normativa brasileira sobre microplásticos em águas potáveis deve considerar as especificidades nacionais e as lições aprendidas das experiências existentes na Califórnia e União Europeia. Ambas as jurisdições reconhecem a relevância do tema, porém adotam estratégias distintas quanto a sua implementação, ao grau de obrigatoriedade e à integração com outras políticas de qualidade da água. Com base nos achados da pesquisa, que evidenciaram a presença global desses contaminantes e a ausência de regulamentação específica no Brasil, apresentam-se diretrizes gerais buscando orientar o desenvolvimento de um marco regulatório nacional.

Em síntese, as diretrizes apresentadas buscam subsidiar a formulação de uma normativa tecnicamente consistente e alinhada às experiências internacionais, porém considerando também as condições nacionais. A comparação entre as experiências da Califórnia e da União Europeia evidencia que abordagens progressivas, baseadas em padronização metodológica, fortalecimento da capacidade analítica e disponibilização de dados, são fundamentais para avançar nesse tema. Ao priorizar inicialmente o monitoramento, a produção de evidências científicas e a articulação institucional, a base normativa proposta cria condições para subsidiar avaliações de risco e o estabelecimento de valores de referência ou limites regulatórios no futuro, contribuindo para a melhoria da qualidade da água potável e o aumento na proteção da saúde pública ao longo do tempo.

a) Definição e Escopo

Como primeiro passo na normativa, recomenda-se o estabelecimento de uma definição clara e cientificamente embasada para “microplásticos”. Esta definição deve ser específica, para orientar os procedimentos de monitoramento, mas também flexível para acomodar futuros avanços no conhecimento científico e na capacidade analítica nacional. Como ponto inicial, sugere-se a seguinte definição:

Microplástico - qualquer material polimérico sólido, sintético ou quimicamente modificado a partir de fontes naturais, que seja insolúvel em água, com dimensões iguais ou menores que 5 mm e relação comprimento/largura igual ou inferior a 3 (partículas) ou com comprimento igual ou menor que 15 mm e cuja relação comprimento/largura seja superior a 3 (fibras).

A adoção dessa definição é justificada pela experiência da União Europeia, que diferencia partículas e fibras, reconhecendo suas distintas origens e sendo mais abrangente que a definição californiana, ao incluir explicitamente os materiais fibrosos no escopo regulatório.

b) Metodologia Analítica Padronizada

Um dos principais desafios identificados na pesquisa foi a falta de padronização metodológica, o que compromete a comparabilidade dos resultados e a avaliação de tendências temporais e espaciais. Nesse sentido, a normativa brasileira deve estabelecer protocolos mínimos e padronizados para coleta, preservação, preparação e análise de amostras, bem como diretrizes claras para controle de qualidade.

Considerando a experiência internacional, indicam-se para inclusão na regulamentação métodos baseados em microscopia óptica combinada com espectroscopia FTIR ou Raman, que demonstraram ser eficazes na identificação de MP em águas potáveis e tem sido amplamente utilizados internacionalmente.

Apesar dessas indicações iniciais, é importante conhecer a capacidade laboratorial de detecção de microplásticos em amostras de água existente no Brasil, assim como estudar os custos associados às análises, antes de regulamentar esse aspecto. Assim, recomenda-se a realização de estudo da capacidade laboratorial brasileira referente a detecção de MP em águas potáveis como um passo importante para melhor desenho da normativa.

c) Programa de Monitoramento Faseado

Reconhecendo as possíveis limitações de infraestrutura, recursos financeiros e capacidade técnica no país, propõe-se uma implementação gradual do monitoramento, assim como prevista na legislação californiana.

A implementação inicial deve priorizar sistemas de abastecimento de grande porte, que atendem populações mais numerosas (acima de 500.000 habitantes, por exemplo) e concentram maior risco potencial de exposição. Gradualmente, o programa pode ser expandido para sistemas menores, à medida que a capacidade institucional e técnica seja fortalecida. É importante que a normativa estabeleça não apenas os pontos de coleta na cadeia de abastecimento (águas brutas, tratadas e distribuídas), mas também a obrigatoriedade de avaliar a eficiência de remoção nas estações de tratamento.

Essa abordagem permite a construção de uma linha de base nacional, reduzindo riscos de descontinuidade e possibilitando a sustentabilidade da política pública no longo prazo. Além disso, a exigência de avaliação da eficiência de remoção nas estações de tratamento se justifica pela evidência internacional de que diferentes tecnologias apresentam desempenhos altamente variáveis, informação essencial para subsidiar futuras ações de controle.

d) Capacitação Laboratorial e Acreditação

A efetividade da normativa sobre microplásticos dependerá diretamente da existência de laboratórios e de recursos humanos tecnicamente capacitados. Nesse contexto, a criação de um programa nacional de capacitação laboratorial se justifica como etapa estruturante da política regulatória. Este programa deve contemplar formação técnica, disponibilização de materiais de referência, participação em ensaios de proficiência e critérios para acreditação laboratorial. Essa diretriz possibilita reduzir a variabilidade analítica, fortalecer a confiabilidade dos dados e criar condições para a expansão progressiva do monitoramento em escala nacional.

e) Gestão de Dados e Transparência

A transparência e a gestão de dados são elementos centrais tanto na legislação californiana quanto na abordagem europeia, ainda que com níveis distintos de obrigatoriedade. A exigência de divulgação pública dos resultados, como adotado na Califórnia, fortalece a confiança da população e amplia o uso dos dados para pesquisa, gestão e formulação de políticas públicas.

A transparência é também um princípio fundamental da administração pública no Brasil, assim, a normativa brasileira deve estabelecer a obrigação de prover informações sobre microplásticos em águas potáveis junto aos sistemas existentes de controle de qualidade da água, permitindo o conhecimento sobre a presença desse contaminante. A integração das informações sobre microplásticos aos sistemas já existentes de controle de qualidade da água, evita a fragmentação de dados e promove condições para análises integradas.

Além disso, devem ser estabelecidos critérios para elaboração de relatórios e de comunicação com a sociedade, incluindo a obrigatoriedade de divulgação dos resultados de forma padronizada, possibilitando que cidadãos e organizações conheçam o problema e cobrem ações para sua mitigação.

f) Abordagem Baseada em Risco

O estágio atual do conhecimento científico sobre os efeitos dos microplásticos na saúde humana ainda não permite a definição de limites máximos permitidos. Essa constatação é reconhecida explicitamente pela União Europeia, que optou por uma abordagem baseada em vigilância e avaliação de risco antes da imposição de limites numéricos.

A adoção dessa mesma lógica no Brasil se justifica pela necessidade de evitar limites arbitrários ou sem embasamento técnico, que poderiam comprometer a aplicação da norma. Assim, recomenda-se que a normativa priorize, inicialmente, a coleta sistemática de dados e a produção de evidências nacionais, prevendo mecanismos claros de revisão periódica e atualização regulatória à medida que o conhecimento científico evolua.

g) Medidas de Controle e Redução

Embora o monitoramento seja recomendado como eixo inicial da normativa brasileira, a experiência internacional indica que a simples geração de dados e informações não é suficiente para reduzir a presença de microplásticos nas águas potáveis.

Considerando que a presente pesquisa demonstrou eficiências variadas de remoção de MP nas estações de tratamento de água (entre 33% e 100%) e de aumento nas concentrações ao longo da cadeia de distribuição de água potável, a normativa pode também incluir diretrizes para otimização dos processos de tratamento e para seleção de materiais inertes para serem utilizados nos processos de tratamento e distribuição, priorizando alternativas que minimizem a liberação e reduzam o teor de MP nas águas potáveis oferecidas à população.

h) Pesquisa e Desenvolvimento

A escassez de estudos brasileiros sobre microplásticos em águas potáveis, evidenciada na revisão de literatura, justifica a inclusão de mecanismos de fomento à pesquisa no futuro texto normativo. As experiências internacionais demonstram que a produção de conhecimento científico é parte importante do processo regulatório, especialmente em temas emergentes como os microplásticos.

O fomento à pesquisa pode incluir a destinação de recursos específicos, o estabelecimento de redes de pesquisa colaborativa e de incentivos para desenvolvimento de tecnologias de detecção e remoção de microplásticos. O fortalecimento da base científica local reduz a dependência de dados externos e assegura maior aderência das normativas às condições do nosso país.

i) Articulação Institucional

Por fim, a complexidade do tema dos microplásticos, que envolve aspectos de saúde, meio ambiente, saneamento, indústria e ciência, evidencia a necessidade de definição clara de responsabilidades institucionais.

Desta forma, a normativa deve estabelecer as responsabilidades institucionais, definindo os papéis do Ministério da Saúde, órgãos de vigilância sanitária, agências reguladoras de saneamento, instituições de pesquisa e prestadores de serviços, entre outros. A criação de mecanismos de coordenação interinstitucional possibilita a coerência entre políticas públicas e a atuação das instituições, evitando sobreposições de competências e promovendo uma resposta coordenada a este problema de natureza transversal.