



## Microplásticos em ecossistema aquático complexo: desafios científicos para o desenvolvimento de protocolo analítico

Sarah V. Maus<sup>1</sup>; Raimara S. Gomes<sup>1</sup>; Sergio M. M. Cárdegas<sup>1</sup>; Jair Weschenfelder<sup>1</sup>; Marco T. Grassi<sup>2</sup>; Andreia N. Fernandes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná.

sarahvictoriamaus@gmail.com

**Palavras-Chave:** Ambientes lênticos e lóticos, Rio Guaíba, contaminação ambiental.

### Introdução

O consumo de materiais plásticos, principalmente os de uso único, tem aumentado substancialmente nas últimas décadas. Em paralelo, a gestão inadequada dos resíduos plásticos contribui para o seu descarte nos diferentes compartimentos ambientais. Uma vez no ambiente, os plásticos são submetidos a diversos processos de intemperismo, incluindo a radiação ultravioleta (UV) e a abrasão hidrodinâmica e mecânica, que promovem sua degradação e fragmentação em microplásticos.

Os microplásticos são pequenas partículas de plástico com tamanhos entre 0,001 e 5 mm e podem ser classificados como primários, quando são fabricados intencionalmente em tamanhos diminutos, ou secundários, quando resultam da fragmentação de plásticos maiores. Essas partículas são consideradas onipresentes, dada a sua ocorrência em diversos compartimentos ambientais, incluindo águas superficiais, solos, atmosfera e até regiões remotas, como a Antártica [1]. Uma vez disponíveis nos compartimentos ambientais, os microplásticos podem ser facilmente ingeridos pela biota, o que pode desencadear a bioacumulação ao longo da cadeia alimentar. Além disso, estudos recentes demonstram a presença de microplásticos em órgãos humanos, levantando preocupações quanto aos potenciais impactos desses microplásticos na saúde e nos ecossistemas.

Os ecossistemas de água doce, especialmente rios e lagos, desempenham um papel fundamental no transporte de microplásticos, sendo responsáveis pelo aporte anual estimado entre 0,5 e 2,4 milhões de toneladas de plástico nos mares [2]. No entanto, esses sistemas apresentam dinâmicas hidrodinâmicas complexas e distintas, o que pode influenciar a retenção, o transporte e a distribuição no ambiente. Considerando estes aspectos, é essencial compreender como os processos hidrológicos afetam o comportamento dos microplásticos em ecossistemas aquáticos, a fim de elucidar sua ocorrência e seu destino ambiental [3]. Neste sentido, destaca-se a Bacia do Guaíba (RS), que constitui um cenário particularmente relevante nessa perspectiva. Além de constituir o principal manancial de Porto Alegre, recebe historicamente grandes volumes de efluentes domésticos e industriais [4] e apresenta tanto ambientes lóticos, caracterizados por maior fluxo de água, quanto lênticos, nos quais predomina baixa velocidade de escoamento. Essas diferenças hidrodinâmicas podem modificar as propriedades da matriz ambiental e, consequentemente, influenciar as etapas de processamento analítico empregadas na determinação de microplásticos. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar como matrizes aquáticas provenientes de ambientes com diferentes características hidrológicas influenciam o processamento analítico na determinação de microplásticos.



## Material e Métodos

Foram realizadas duas campanhas amostrais (outubro/2025 e março/2026), em dez locais de amostragem distribuídos ao longo do Guaíba, abrangendo ambientes com diferentes características hidrológicas e distintos níveis de influência antrópica. A seleção desses locais buscou representar diferentes condições ambientais, permitindo avaliar a aplicabilidade do protocolo em cenários contrastantes.

Tanto o método de coleta quanto o procedimento experimental foram adaptados de Beltoldi et al. [4] e em cada local, a abundância de microplásticos foi determinada seguindo rigorosos procedimentos de garantia e controle de qualidade (QA/QC), incluindo um laboratório limpo, com certificação (ABNT NBR ISO 14644-1 e ABNT NBR 15767), brancos de processo e experimentos de recuperação utilizando partículas de poliamida (PA) e polietileno (PE) para assegurar a confiabilidade analítica.

O procedimento experimental seguiu, primeiramente, a etapa de filtração das amostras coletadas em copo coletor de PVC (60  $\mu\text{m}$ ) e, em seguida, o material sólido foi filtrado em membranas de celulose mista (MCE) de 0,45  $\mu\text{m}$ , com volumes mínimos de água ultrapura. Posteriormente, realizou-se a etapa de oxidação da matéria orgânica por meio da reação de Fenton. Inicialmente, todo o material retido na membrana foi removido com auxílio de 50 mL de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , 30% v/v). Em seguida, foram adicionados 50 mL de uma solução de sulfato de ferro em meio ácido ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0,05 mol  $\text{L}^{-1}$ , em  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0,10 mol  $\text{L}^{-1}$ ). A mistura resultante permaneceu sob agitação branda, à temperatura constante de 50  $^\circ\text{C}$ , por 2 horas. Depois, a amostra permaneceu em repouso por 24 horas à temperatura ambiente e foi filtrada por meio de uma membrana de MCE de 0,45  $\mu\text{m}$ .

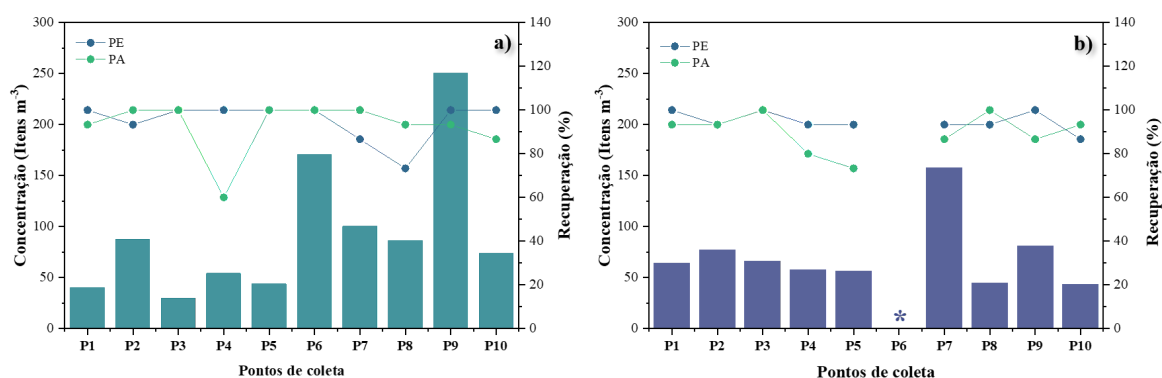
Após a etapa de oxidação, as amostras foram submetidas à separação por densidade, destinada à separação dos materiais residuais. Nessa etapa, o material residual do processo oxidativo foi transferido, com o auxílio de 200 mL de solução de NaI (iodeto de sódio a 1,6 g  $\text{cm}^{-3}$ ), para um sistema de separação por densidade. A separação por densidade foi mantida em repouso por 24 horas, permitindo a decantação de materiais mais densos, como areia e argilas, e a separação dos microplásticos no sobrenadante. Após isso, a solução foi filtrada por meio de uma membrana de MCE de 0,45  $\mu\text{m}$  e armazenada em placa de Petri até a caracterização física e química dos microplásticos. As partículas de PE e PA, previamente adicionadas a cada réplica para o estudo de recuperação, foram contadas visualmente, e as demais, sob microscópio óptico (Olympus BX43, acoplado a uma câmera de 5 MP, com aumentos de 4x e 10x). Os microplásticos presentes nas amostras foram classificados de acordo com a forma (fragmentos, fibras ou microesferas), a cor (branco/transparente, azul, amarelo, vermelho, verde ou preto) e o tamanho (10–100, 100 – 250, 250 – 500, 500 – 1000 ou 1000 – 5000).

## Resultados e Discussão

De acordo com as **Figuras 1a e 1b**, observa-se que, para todas as amostras em ambas as coletas, obtiveram-se excelentes resultados de recuperação para as partículas de PE e PA, variando entre 73,3 e 100%. Com exceção do ponto 4 da coleta 1, que, para o PA, apresentou recuperação de 60%, esse resultado pode estar relacionado a etapas adicionais de processamento, uma vez que esse ponto específico passou por duas etapas de oxidação por Fenton. A presença de microplásticos foi detectada em todos os pontos coletados nas 2

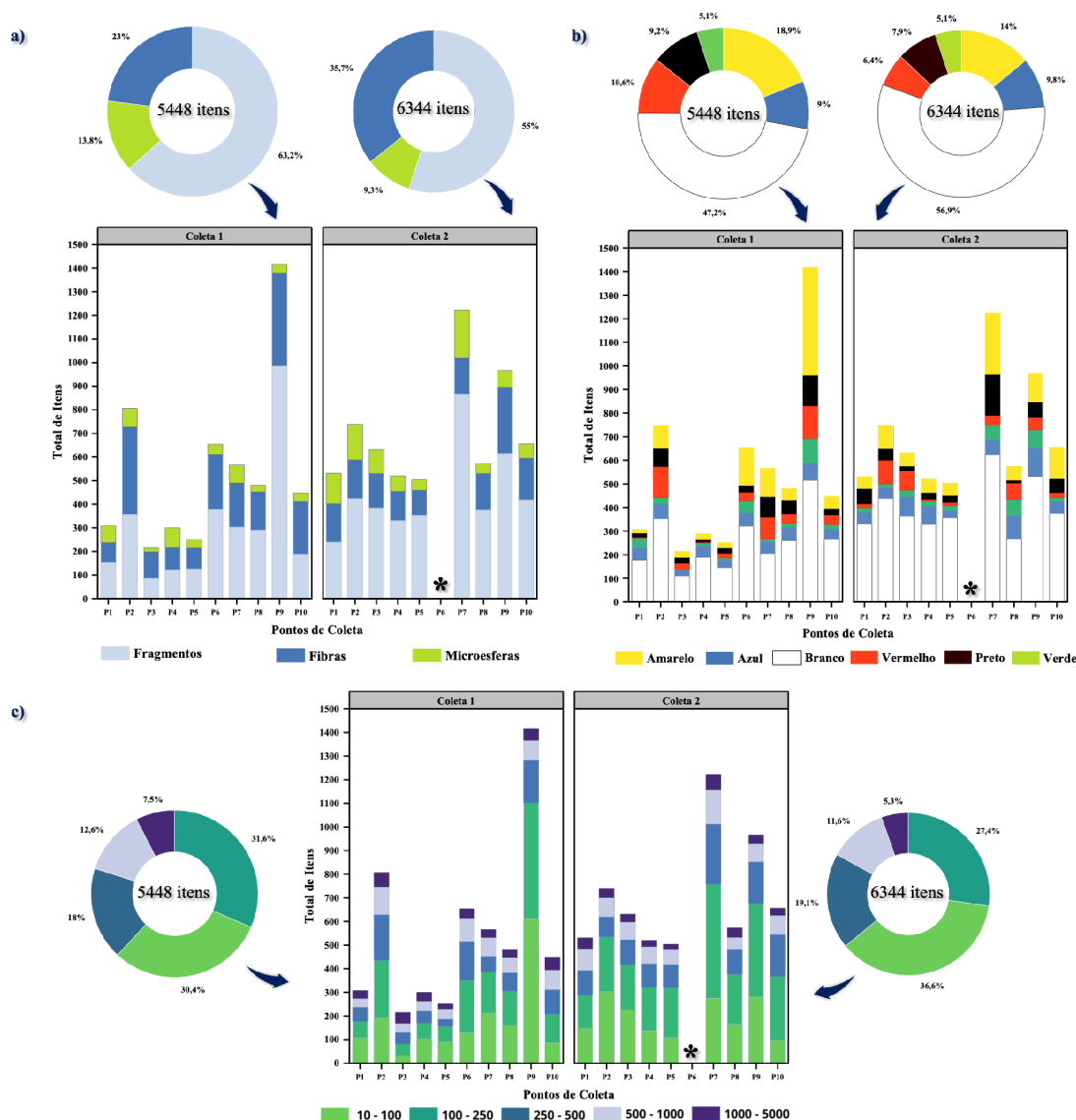
campanhas de amostragem realizadas no Guaíba, o que demonstra a contaminação por estas partículas em todo o corpo hídrico. A concentração de microplásticos variou entre 29,4 e 250,2 itens  $m^{-3}$  na coleta 1 e entre 43,5 e 157 itens  $m^{-3}$  na coleta 2.

De acordo com a literatura, em geral, ambientes lóticos tendem a apresentar menor concentração de microplásticos devido ao alto fluxo d'água e à forte correnteza, que favorecem o transporte para outras regiões. Em ambientes lênticos, por outro lado, tendem a apresentar concentrações mais altas de microplásticos devido à baixa velocidade da água ou à estagnação, o que facilita sua sedimentação [3]. Contudo, na primeira coleta (**Figura 1a**), observou-se uma tendência diferente, pois os pontos lóticos apresentaram as maiores concentrações de microplásticos. Na segunda coleta (**Figura 1b**), seguiu a mesma tendência. Estes aspectos demonstram que diversos fatores podem afetar a distribuição de microplásticos.



**Figura 1.** Eficiência de recuperação de microplásticos de padrões de PE e PA adicionados e abundância de microplásticos determinados nas coletas 1 (a) e 2 (b). \*Os resultados do ponto não puderam ser obtidos devido à perda de amostra durante o transporte até o laboratório.

Os microplásticos identificados nas 2 campanhas de amostragem foram caracterizados quanto às suas formas, cores e tamanhos (**Figuras 2a, 2b e 2c**, respectivamente). A **Figura 2a** apresenta as distribuições das formas identificadas, classificadas em três categorias morfológicas previamente definidas: fragmentos, fibras e microesferas. Os fragmentos constituíram a morfologia predominante, correspondendo a 55,0 e 63,2%, enquanto as fibras representaram 35,7 e 23% e as microesferas 9,3 e 13,8% das partículas quantificadas nas coletas 1 e 2, respectivamente. Esse padrão está em consonância com diversos estudos que apontam os fragmentos como a forma mais abundante de microplásticos em amostras superficiais de água doce [4]. A **Figura 2b** apresenta a distribuição de cores identificadas e os microplásticos das categorias branco-transparente e amarelo foram os mais abundantes em ambas as coletas, diferindo das demais cores nas coletas 1 (vermelho, preto, azul e verde, respectivamente) e 2 (azul, preto, vermelho e verde, respectivamente). Estes dados corroboram os da literatura, segundo os quais microplásticos brancos-transparentes e azuis são os mais abundantes [4].



**Figura 2.** Distribuição de formas (a), cores (b) e tamanho (c) de microplásticos identificados no Rio Guaíba durante as duas campanhas amostrais. \* Os resultados do ponto 6 da coleta 2 não foram obtidos devido à perda de amostra durante o transporte até o laboratório.

Quanto ao tamanho, as partículas foram classificadas em 5 faixas: 10 – 100, 100 – 250, 250 – 500, 500 – 1000 e 1000 – 5000. Na **Figura 2c**, observa-se que a distribuição dos microplásticos em função do tamanho evidenciou a predominância das menores faixas granulométricas, com a maior frequência de partículas entre 10 – 100 (31,6%) e 100 – 250 (30,4%) na coleta 1, seguidas de 250 – 500, 500 – 100 e 1000 – 5000, respectivamente. Esse padrão é frequentemente observado em ambientes aquáticos e pode ser atribuído à fragmentação contínua de resíduos plásticos de maiores dimensões, promovida por processos



físicos, químicos e biológicos, como a radiação ultravioleta, a abrasão mecânica e o intemperismo ambiental [4]. Como resultado desses processos, ocorre a formação progressiva de partículas cada vez menores, o que aumenta sua representatividade no ambiente. Para a coleta 2, as faixas entre 100 – 250 (36,6%) e 10 – 100 (27,4%), seguidas de 250 – 500, 500 – 1000 e 1000 – 5000, respectivamente. Essa variação entre as duas menores classes pode estar relacionada a diferenças nas condições hidrodinâmicas, na intensidade dos processos de degradação ou mesmo nas fontes de emissão durante o período de coleta. Além disso, estudos demonstram que partículas menores permanecem mais facilmente em suspensão na coluna d'água, favorecendo sua dispersão e aumentando a probabilidade de detecção em amostras de águas superficiais [4].

### Conclusão

Os resultados das duas coletas (outubro/2025 e março/2026) mostraram uma tendência diferente da esperada, ou seja, maior abundância de microplásticos nos pontos lóticos. Considerando a profundidade dos pontos amostrados, o tempo de decantação das partículas e a dinâmica da água, conclui-se que a maior movimentação nos ambientes lóticos favorece a ressuspensão e a permanência dos microplásticos na superfície, onde as amostras foram coletadas, enquanto nos ambientes lênticos, as partículas tendem a permanecer sedimentadas. Além disso, alterações causadas pela enchente histórica de 2024 podem ter influenciado a distribuição de microplásticos observada no estudo. Sendo assim, os resultados evidenciam que as características hidrológicas dos ambientes aquáticos influenciam significativamente a distribuição e a detecção de microplásticos em amostras superficiais, ressaltando a importância de considerar a dinâmica da água e os eventos externos no aprimoramento dos protocolos analíticos para a avaliação da contaminação por microplásticos.

### Agradecimentos

Agradeço à Prof. Andreia pela confiança, à pós-doutoranda Raimara pelos ensinamentos, e à UFRGS, CNPq e FAPERGS pelo apoio essencial ao meu aprendizado e à realização deste trabalho.

### Referências

- [1] DAWSON, Amanda L. et al. Turning microplastics into nanoplastics through digestive fragmentation by Antarctic krill. *Nature Communications*, v. 9, art. 1001, 2018. DOI: 10.1038/s41467-018-03465-9.
- [2] ZENG, Yichuan et al. Disentangling the retention preferences of estuarine suspended particulate matter for diverse microplastic types. *Environmental Pollution*, v. 352, p. 123456, 2024. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.125390.
- [3] CHEN, Yu-Cheng et al. Impact of seasonal changes and environmental conditions on suspended and inhalable microplastics in urban air. *Environmental Pollution*, v. 362, 2024, 124994. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.124994.
- [4]. BERTOLDI, Crislaine et al. First evidence of microplastic contamination in the freshwater of Lake Guaíba, Porto Alegre, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 759, 2021, 143503. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143503.