

**EXISTEM MICROPLÁSTICOS NA ALBUFEIRA DO DIVOR?
ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE AMOSTRAGEM**

**ARE THERE MICROPLASTIC PRODUCTS IN THE DIVOR ALBUFEIRA?
DEVELOPING A SAMPLING PLAN**

Luana Costa^a

Finalista da Licenciatura em Ecologia e Ambiente

luanova142002@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-6016-4460>

Madalena Picanço^c

Mestranda de Engenharia do Ambiente

madalenapicanco@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-2128-0013>

Maria José Barão^a

Técnica Superior

mjbarao@uevora.pt

<https://orcid.org/0009-0006-5233-5699>

Sofia Capelo^{a, b, *}

Professora Auxiliar

scapelo@uevora.pt

<https://orcid.org/0000-0002-8573-8754>

^a Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal

^b Instituto de Ciências da Terra – ICT, Instituto de Investigação e Formação Avançada (IIFA), Universidade de Évora, Évora, 7000-671, Portugal

^c Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova Lisboa

* Autora correspondente, E-mail: scapelo@uevora.pt

RESUMO

Nos últimos anos, têm surgido estudos sobre a deteção e identificação de microplásticos presentes em praias e organismos, devido à preocupação com a presença excessiva de resíduos de plástico no ambiente e respetivas consequências. No entanto, os estudos sobre microplásticos nas águas doces, nas margens de cursos de água ou em albufeiras são ainda escassos. Por conseguinte, o presente trabalho consiste na elaboração de um plano de monitorização que incide na amostragem, com vista a avaliar a existência de microplásticos nas margens da albufeira do Divor (Concelho de Évora, Portugal), bem como a sua quantificação e identificação, sempre que possível. Os resultados mostram que as margens da albufeira concentram uma quantidade significativa de microplásticos, especialmente em locais propícios para atividades recreativas, agrícolas e de fácil acesso.

Palavras-chave: Microplásticos, Monitorização, Amostragem, Margens da Albufeira.

ABSTRACT

In recent years, studies have emerged on the detection and identification of microplastics present on beaches and in organisms, due to concerns about the excessive presence of plastic waste in the environment and its consequences. However, studies on microplastics in freshwater, on the banks of watercourses or in reservoirs are still scarce. Therefore, the present work consists of drawing up a monitoring plan that focuses on sampling to assess the existence of microplastics on the banks of the Divor reservoir (Évora municipality, Portugal), as well as quantifying and identifying them whenever possible. The results show that the banks of the reservoir concentrate a significant amount of microplastics, especially in places that are favourable for recreational and agricultural activities and are easily accessible.

Keywords: Microplastics, Monitoring, Sampling, Reservoir banks.

INTRODUÇÃO

Os polímeros sintéticos são macromoléculas fabricadas artificialmente e formadas pela repetição de unidades estruturais (monómeros), sendo utilizados para produzir objetos de plástico (GESAMP, 2019). A adição de aditivos químicos a estes polímeros permite desempenhar uma variedade de funções, incluindo cor, forma, densidade e brilho (Cadore *et al.*, 2008). No entanto, estes polímeros representam uma ameaça à saúde de consumidores e organismos em ambientes terrestres e aquáticos (Verma *et al.*, 2016). Para avaliar os efeitos ambientais num ambiente aquático, é fundamental entender como os processos hidrodinâmicos e os resíduos sólidos interagem. Os polímeros presentes em produtos de plástico apresentam características tais como fluabilidade, resistência à fotodegradação e tempo de decomposição prolongado (Zbyszewski & Corcoran, 2011). O polietileno (PE), polipropileno (PP), polietileno tereftalato (PET), poliestireno (PS) e policloreto de vinila (PVC) são os polímeros plásticos mais utilizados no mundo, que representam mais de 90% da produção total (Andrady, 2017).

A produção em larga escala de plásticos desde 1950 levou à presença significativa deste material numa variedade de matrizes ambientais, o que resultou em impactos sociais, económicos e ambientais (Geyer *et al.*, 2017). O aumento das descargas de plástico nos rios coloca em risco os ecossistemas aquáticos, tornando-se necessária uma gestão responsável (Blettler *et al.*, 2018). Os rios transportam aproximadamente 1,15 a 2,41 milhões de toneladas de resíduos plásticos para os oceanos (Lebreton *et al.*, 2017).

Os resíduos de plástico, particularmente os microplásticos (partículas com dimensões entre 1 µm e 5 mm), são considerados poluentes emergentes e perigosos (Khan *et al.*, 2023). Os microplásticos são divididos em primários e secundários para enfatizar a diversidade das fontes. Os primários são fabricados à escala industrial, enquanto os secundários são derivados da fragmentação dos primários (Kernchen *et al.*, 2022). Ao contrário dos macroplásticos, que podem causar danos diretos à fauna marinha por emaranhamento ou por ingestão, os microplásticos revelam-se mais prejudiciais devido também à sua capacidade de adsorver poluentes orgânicos (Silva, 2017). Assim, é difícil monitorizar todo o ciclo de vida do plástico, o que destaca a importância do seu estudo, de que é exemplo o que foi realizado por Nicoli no Rio Tietê, São Paulo, para compreender como os microplásticos funcionam e como afetam o ambiente.

A acumulação e contaminação de microplásticos no ambiente é outra consequência da má gestão de resíduos plásticos nas cidades. Tal afeta os organismos aquáticos, as propriedades do solo e a

saúde humana (Lahens *et al.*, 2018). De acordo com pesquisas como as realizadas em Arusha, Tanzânia, os microplásticos presentes na água, sedimentos e solos agrícolas estão interligados e, portanto, é fundamental compreender como a poluição plástica afeta tanto as áreas urbanas quanto as rurais (Kundu *et al.*, 2022). Para criar planos de gestão e conservação eficazes, é necessário investigar a presença, origem e impactos dos microplásticos em vários ambientes. A pesquisa nesta área é essencial para reduzir os efeitos da poluição plástica e preservar a saúde dos ecossistemas aquáticos e a qualidade de vida humana.

A indústria mundial de plásticos começou em 1907 com a síntese da baquelite, o primeiro polímero totalmente sintético (Abiplast, 2017). No entanto, foi na década de 1950 que o plástico começou a ser amplamente utilizado, tornando-se essencial para a economia mundial (Cole *et al.*, 2011). Os plásticos são polímeros formados por macromoléculas, através da união de vários monômeros (Mülhaupt, 2012). Podem ser naturais (existentes na natureza) ou sintéticos (obtidos por polimerização sintética), classificados como termoplásticos (recicláveis) ou termofixos (não recicláveis após arrefecerem (Cirino *et al.*, 2017). Os plásticos podem ser derivados de fontes fósseis ou biológicas, sendo os biopolímeros uma opção mais sustentável, embora representem menos de 1% da produção global (Kümmerer *et al.*, 2020).

Os plásticos de origem fóssil, predominantemente não biodegradáveis (Zumstein *et al.*, 2019), contrastam com os biopolímeros biodegradáveis, como o polihidroxialcanoato. Embora os PAHs apresentem várias aplicações, o custo de produção em larga escala limita a competitividade em relação aos plásticos petroquímicos (Bátori *et al.*, 2018). Aditivos químicos, como plastificantes e antioxidantes, são normalmente adicionados aos plásticos para melhorar as propriedades. Estes aditivos podem conter metais e moléculas orgânicas, que representam cerca de 7% da massa total dos produtos de plásticos (Jambeck *et al.*, 2015).

Atualmente, as embalagens descartáveis e o uso extensivo de plástico são mais comuns (Duet *et al.*, 2020) do que o uso de produtos duráveis e reutilizáveis, como o vidro, o papel ou o alumínio (Aguiar & Asencios, 2021). Em 2019, a produção anual de plástico aumentou significativamente, atingindo cerca de 380 milhões de toneladas (Hendrickson *et al.*, 2018). A diversificação nos setores de embalagens com aplicação nas indústrias da construção, dos automóveis e dos eletrodomésticos é o resultado da sua versatilidade e do seu baixo custo. Tal como já dissemos acima, os polímeros mais conhecidos incluem PP, PEBD, PEAD, PVC, PET e PS. Cada um deles tem uma determinada composição e estrutura química, aplicação e código de identificação (Figura 1).

Símbolo	Matéria prima virgem	Reciclagem
 PET Polietileno tereftalato	Garrafas para refrigerante, óleo, água mineral, molho para salada, encha guante bucal e fibras têxteis.	Fibra para carpete, tecido, vassoura, embalagem de produtos de limpeza, filmes transparentes acessórios diversos.
 PEAD Polietileno de alta densidade	Garrafas para iogurte, suco, leite, produtos de limpeza, sacolas de compras, potes para sorvete, frascos para xampu.	Frascos para produtos de limpeza, cestos de lixo, óleo para motor, tubulação de esgoto, cestos de lixo.
 PVC Policloreto de vinila	Vinil não plastificado em garrafas transparentes, solas de sapato, vinil plastificado em mangueiras e tubos.	Vinil plastificado em mangueira para jardim, tubulação de esgoto, cones de tráfego, cabos, encanamento.
 PEBD Polietileno de baixa densidade	Filme encolhível, embalagem flexível, sacos de compras e de lixo.	Envelopes, sacos para lixo, tubulação para irrigação.
 PP Polipropileno	Potes para margarina, gelado, tampas, rótulos, copos descartáveis, embalagem para biscoitos, pacotes de batatas fritas e embalagens transparentes.	Caixas e cabos para bateria de carro, vassouras, escovas, funil para óleo, caixas, bandejas, painéis de construção.
 PS Poliestireno	Copos descartáveis, pratos descartáveis, pote para iogurte, bandejas, embalagem para ovos, talheres de plástico.	Placas para isolamento térmico, acessórios para escritório, cabides, caixas de CD, Bandejas.
 OUTROS	Todos os demais plásticos como náilon e acrílico	Madeira plástica, reciclagem energética móveis de plástico.

Figura 1: Principais polímeros produzidos, principais aplicações e códigos de recolha seletiva. Fonte: Baseado em Coltro *et al.* (2008).

Os plásticos no ambiente representam um desafio significativo para a saúde dos ecossistemas terrestres e aquáticos, bem como para a saúde humana. A produção em larga escala, cria desafios significativos na gestão destes resíduos. A maioria destes polímeros não são biodegradáveis, alguns podem ser utilizados durante décadas para fins civis e industriais. Recorrentemente a maior parte dos plásticos são descartados imediatamente após o primeiro uso, por exemplo é o caso dos copos, das garrafas, das palhinhas entre outros (Faraca & Astrup, 2019).

Estima-se que a quantidade total de plásticos produzidos globalmente soma mais de 400 milhões de toneladas anualmente. Apenas 9% dos produzidos são reciclados e 12% são incinerados, e o restante permanece acumulado em aterros ou poluindo o ambiente (Lusa, 2018). Os impactos dos detritos plásticos fazem-se sentir na destruição de habitats naturais, na alteração da biodiversidade, e na poluição de ecossistemas marinhos e terrestres assim como também podem

ser considerados poluentes visuais na estética paisagística.

A degradação dos plásticos resulta na formação de fragmentos minúsculos, conhecidos como microplásticos, devido à sua exposição a fatores ambientais. Os microplásticos são partículas plásticas com dimensões superiores a 1 micrómetro e inferiores a 5 milímetros, ou seja, entre 1 μm e 5 mm. A classificação de fragmentos plásticos de tamanho intermédio apresenta dimensões entre 5 mm e 2,5 cm, podendo ser designados como mesoplásticos. E os fragmentos com dimensões superiores a 2,5 cm, são denominados macropásticos (Raquel & Mendes Martins, 2019).

Devido ao seu tamanho reduzido, os microplásticos apresentam uma ampla distribuição em ecossistemas aquáticos, terrestres e, até mesmo, na atmosfera. Estas partículas podem ser ingeridas pela fauna marinha, terrestre e inclusive por seres humanos, levantando preocupações relacionadas com a saúde (Akbari & Jaafari, 2025).

Ainda existem poucos estudos sobre a deteção e a identificação de microplásticos presentes nas águas doces, nas margens de cursos de água ou nas albufeiras (van Emmerik *et al.*, 2022). Por isso, neste trabalho, elaborou-se um plano de monitorização com o objetivo de avaliar a existência de microplásticos nas margens da albufeira do Divor (Concelho de Évora, Portugal), quantificando e identificando, sempre que possível, os microplásticos existentes nas amostras recolhidas.

A albufeira da Barragem do Divor é um destino bastante procurado por diversos moradores da região, oferecendo uma variedade de atividades de lazer como piqueniques, convívios, pesca entre outros. Contudo, estas atividades têm contribuído para a contaminação do local devido ao descarte indevido de resíduos, resultando na degradação do ambiente e, conseqüentemente, sendo prejudicial para a biodiversidade. Por outro lado, embora as margens não sejam cultivadas, observou-se a existência de pastoreio na área estudada quer pela presença de dejetos quer por observação direta de animais. Com o intuito de avaliar a presença de microplásticos na albufeira, desenvolveu-se uma metodologia específica para analisar a quantidade dessas partículas presentes nas respetivas margens.

METODOLOGIA

Área de estudo

A albufeira da Barragem do Divor encontra-se inserida no distrito de Évora (Sul de Portugal), concelho de Arraiolos, localidade da Igreja (Figura 2). Pertence à Bacia Hidrográfica do rio Tejo que segundo os termos de gestão nacional dos recursos hídricos é designada de RH-5, região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (PGRH, 2016).



Figura 2: Localização da albufeira da Barragem do Divor e fotografia de uma das margens. **Fonte:** Google Earth (acedido em 2024) e acervo pessoal.

Amostragem

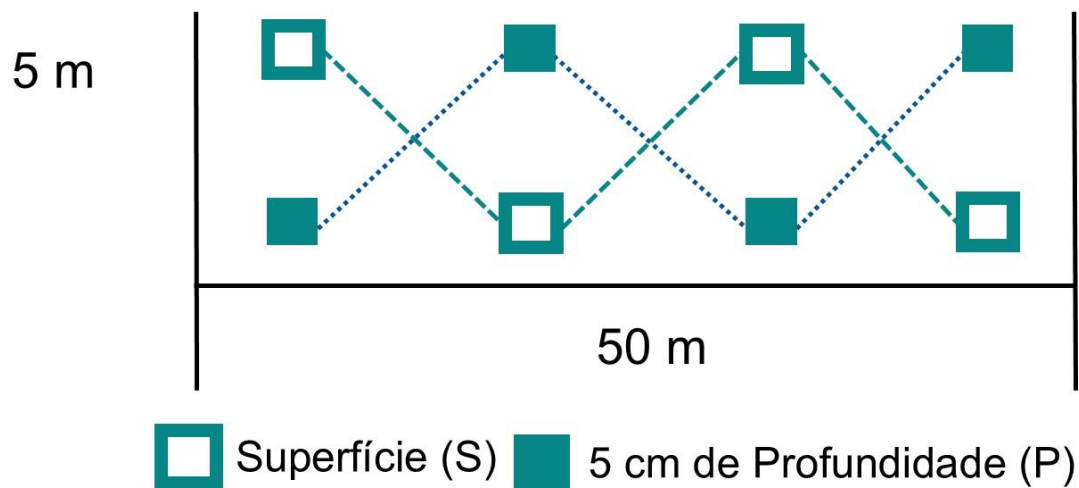
Para analisar a presença de microplásticos nos sedimentos das margens da albufeira da Barragem do Divor, foram selecionados três troços de 50 metros, onde ocorrem atividades como a pesca, piqueniques entre outras, que potenciam a presença de microplásticos. Na Figura 3, estão assinalados os troços de amostragem (1, 2 e 3)



Figura 3: Identificação dos troços de amostragem na albufeira da Barragem do Divor. **Fonte:** Google Earth (acedido em 2024)

Foi adotada a metodologia proposta por Heo *et al.* (2013), Ross *et al.* (2016) e Besley *et al.* (2017), que consiste na recolha de amostras aleatórias ao longo da margem, numa área com 25 cm². Considera-se como margem os 5 metros acima da água, num troço de 50 metros. Foram recolhidas 4 amostras com 5 cm de profundidade e 4 amostras à superfície em cada troço de amostragem, totalizando 24 amostras, com um peso aproximado de 500 g cada (Figura 4). Para garantir a representatividade efetuaram-se subamostragens que correspondem a 20% do total da amostra. Essa abordagem permitiu reduzir o tempo e os recursos necessários para a análise total, sem comprometer a confiança nos resultados.

Figura 4: Esquema ilustrativo da metodologia de amostragem usada em campo para a colheita das amostras.



Os locais foram marcados com recurso a uma fita métrica e as amostras foram recolhidas com o auxílio de uma pá de alumínio (Figura 5). Posteriormente, as amostras foram devidamente identificadas (Tabela 1) e armazenadas em recipientes de alumínio (Figura 5).

Tabela 1 – Identificação das amostras e respetivas coordenadas GPS

Troços	Amostras de Superfície	Amostras em Profundidade	Coordenadas GPS
1	S1, S2, S3, S4	P1, P2, P3, P4	38°41'55'' N 7°55'12''O
2	S5, S6, S7, S8	P5, P6, P7, P8	38°41'36''N 7°55'32'' O
3	S9, S10, S11, S12	P9, P10, P11, P12	38°41'37''N 7°55'52'' O



Figura 5: Metodologia da recolha *in situ*.: **A** - Medição do 5 m de margem; **B** – Delimitação da área de recolha; **C** - Área com 25 cm²; **D** - Medição dos 5 cm de profundidade; **E** - Medição do peso da amostra

Análise em laboratório

As amostras recolhidas foram transportadas para o laboratório de Ecologia Aquática e Terrestre do Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento da Universidade de Évora para serem tratadas e analisadas.

As amostras foram secas na estufa (secagem) e posteriormente crivadas (crivagem) usando uma bateria de crivos com dimensões inferiores a 5 mm. Após o que se seguiu a deteção da presença de microplásticos recorrendo à observação direta com o auxílio a uma lupa binocular.

O procedimento efetuado na secagem, na crivagem, no acondicionamento, na subamostragem, na observação à lupa binocular e na identificação por espectroscopia de infravermelho é descrito de seguida. Assim, temos:

- **Secagem:** as amostras apresentavam um elevado teor de humidade, impossibilitando a secagem à temperatura ambiente num intervalo de tempo adequado para a realização do trabalho. Assim as amostras foram secas na estufa com circulação de ar quente (Memmert), a 40 °C, segundo a recomendação de Gao *et al.* (2023). A esta temperatura não se compromete a estrutura física dos microplásticos.

- **Crivagem:** nesta operação utilizaram-se seis crivos com malhas de: 5 mm, 2 mm, 1 mm, 500 µm, 125 µm, 63 µm, respetivamente. Inicialmente, o objetivo seria avaliar cada uma destas frações, mas devido as restrições temporais e considerando que as partículas abaixo de 500 µm eram demasiadas pequenas, optou-se por analisar somente as três primeiras frações (5 mm, 2 mm, 1 mm), sendo estas as frações com maior probabilidade de conterem microplásticos.

- **Acondicionamento:** após a crivagem, as amostras foram cuidadosamente armazenadas em envelopes de papel, um material escolhido especificamente para evitar qualquer possível contaminação externa. Posteriormente, as amostras foram pesadas e identificadas com o número correspondente da amostra, granulometria e peso.

- **Subamostragem:** de cada amostra foram retiradas frações correspondentes a 20% do peso total, percentagem considerada representativa do total da amostra.

- **Observação em Lupa binocular:** todas as subamostras foram observadas individualmente à lupa binocular, com o propósito de detectar a presença de microplásticos (Figura 6). Ao identificar qualquer partícula de microplástico, esta era imediatamente retirada e acondicionada em envelope de alumínio para futura contagem.



Figura 6: **A-** Amostra observada à lupa binocular; **B** - Amostra S12 observada na lupa (100x), com identificação de microplásticos.

- **FTIR-ATR:** para analisar a composição de duas amostras utilizou-se a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) acoplada a um acessório de Reflexão Total Atenuada (ATR), que é uma técnica muito utilizada na identificação de microplásticos. Esta técnica permite analisar a absorção de radiação infravermelha pelas moléculas da amostra através do espectro gerado, que é característico dessas moléculas, podendo determinar-se a respectiva composição química. Segundo Hollas (2004), quando a radiação eletromagnética atinge uma substância química, uma parte é absorvida. Em seguida, os átomos da substância passam para um estado de energia mais excitado. As espécies moleculares podem ter transições rotacionais e vibracionais como resultado da absorção de radiação infravermelha. Os dois tipos de transições vibracionais podem ser por estiramento e por deformação angular, que estão relacionados com a direção, a frequência e a amplitude de movimento dos átomos de uma molécula (Harris & Bertolucci, 1978). O cristal ATR permite que a amostra seja exposta diretamente à radiação infravermelha, dispensando a etapa de preparação (Figura 7 B.). É uma das principais técnicas de amostragem usada nas análises FTIR (Costa *et al.*, 2018). Assim, é criado um espectro de superfície quando a radiação infravermelha passa do cristal ATR para a camada superficial da amostra, onde ocorrem múltiplas reflexões e a intensidade diminui (Souza, 2009). A espectroscopia FTIR-ATR pode fornecer informações importantes para o estudo de microplásticos porque além de permitir a identificação dos tipos de polímeros plásticos, também permite determinar o grau de intemperismo físico-químico das partículas (Fu *et al.*, 2020).



Figura 7: **A.** Espectrómetro FTIR-ATR (PerkinElmer Spectrum Two), acoplado com software (PerkinElmer Spectrum v. 10.5.2); **B.** Detalhe do acessório de Reflexão Total Atenuada (ATR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das frações

Conforme referido na metodologia, as amostras depois de crivadas foram pesadas. Nas Figuras 8, 9 e 10 apresenta-se o peso das frações resultantes das amostras recolhidas nos Troços 1, 2 e 3. De forma geral, a fração que se destacou por apresentar maior peso foi a dimensão de 125 μm . Por outro lado, a fração que se destacou por apresentar menor peso foi a dimensão < 63 μm , em todas as amostras, com exceção da amostra S1 do Troço 1, neste caso foi a dimensão 5 mm.

Também foi possível registar a granulometria do solo nas amostras recolhidas. No Troço 1 as partículas distribuem-se pelas várias frações, sendo as dimensões entre 500 μm e 125 μm as mais representadas quer nas amostragens de superfície quer nas amostragens de profundidade. No Troço 2 observa-se uma distribuição uniforme de partículas pelas várias frações em profundidade. O Troço 3 parece apresentar uma distribuição uniforme de partículas quer nas amostragens de superfície quer nas amostragens de profundidade.

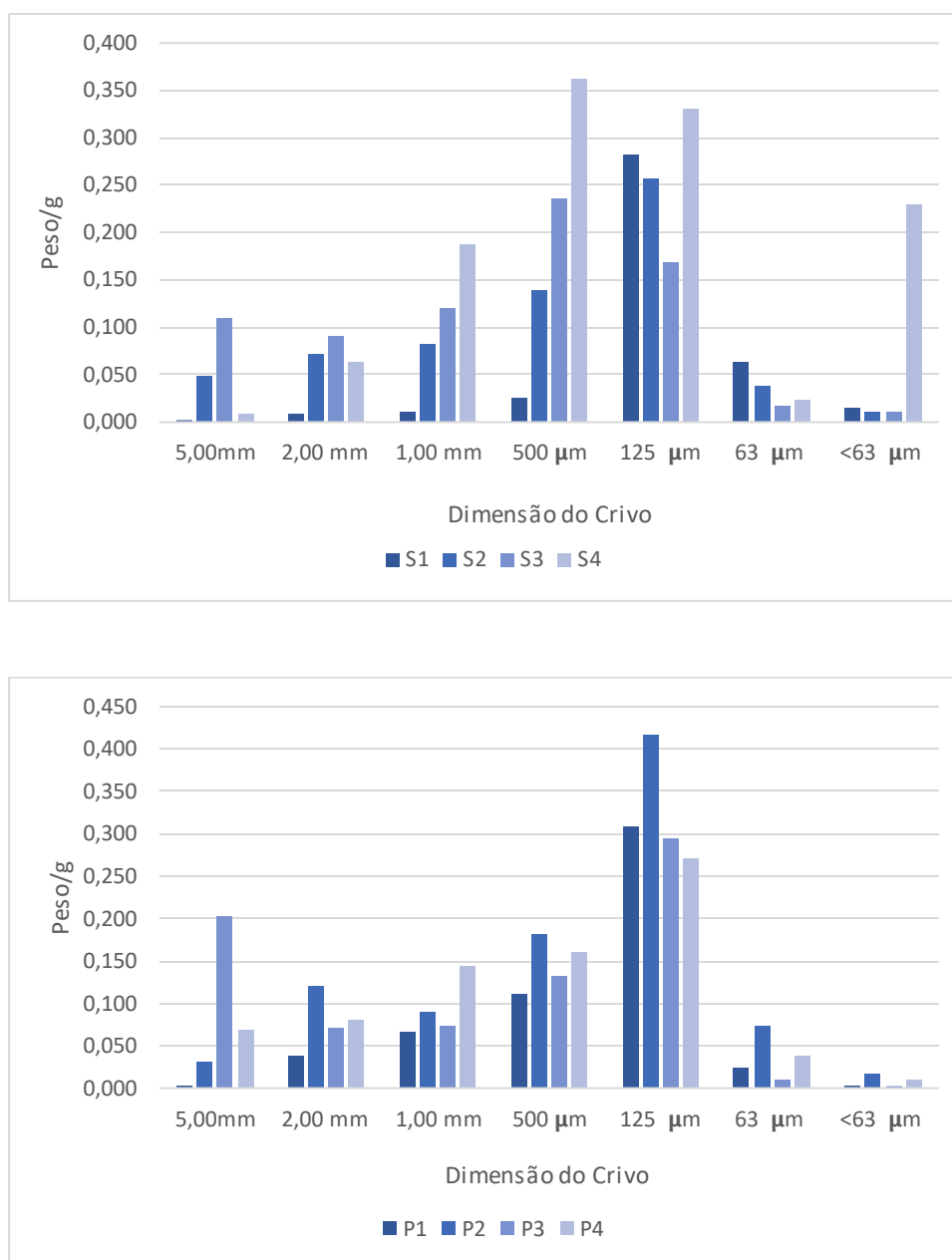


Figura 8: Peso (em g) das diferentes frações correspondentes as amostras de superfície (S) e profundidade (P) do Troço 1

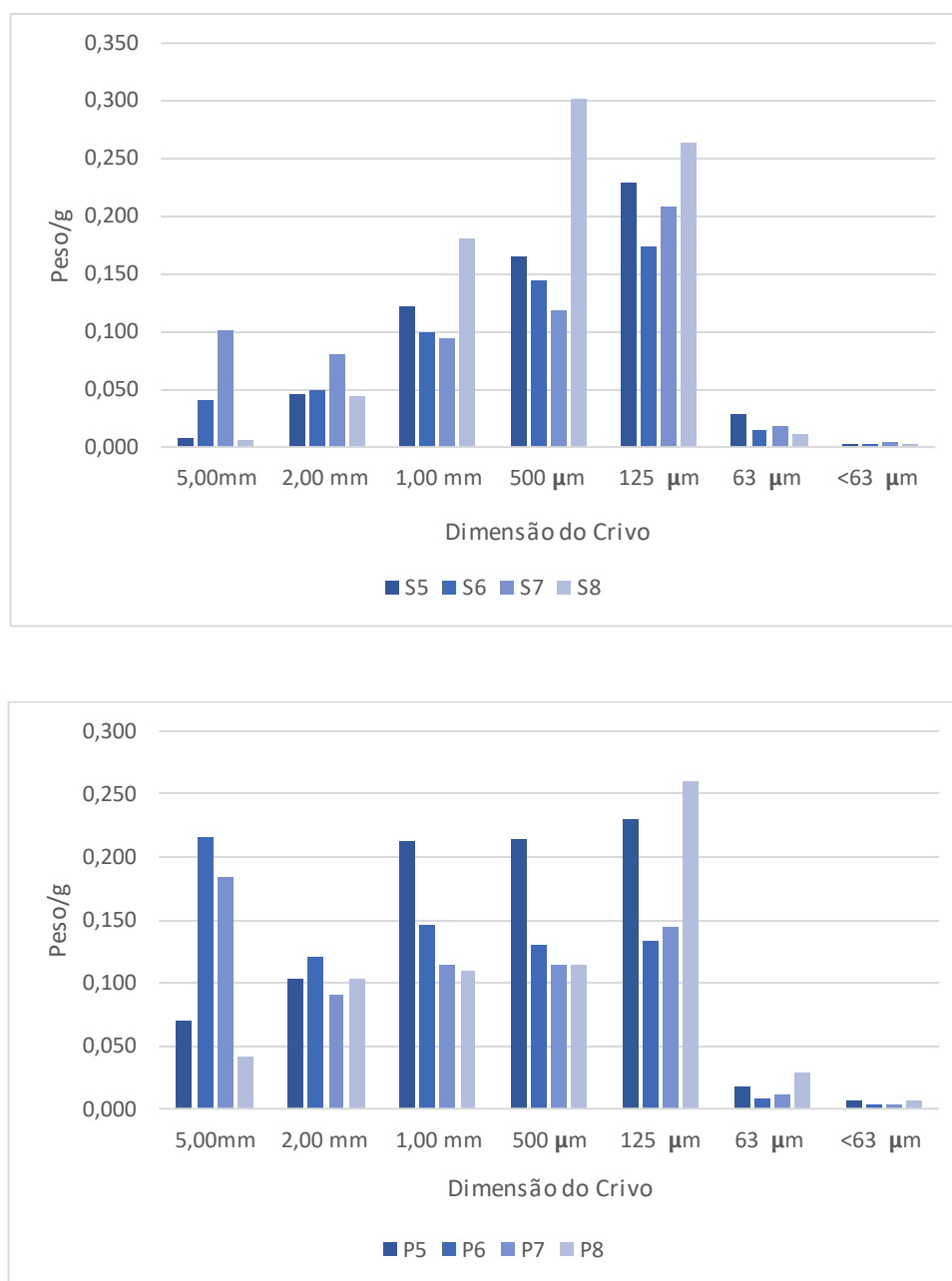


Figura 9: Peso (em g) das diferentes frações correspondentes as amostras de superfície (S) e profundidade (P) do Troço 2

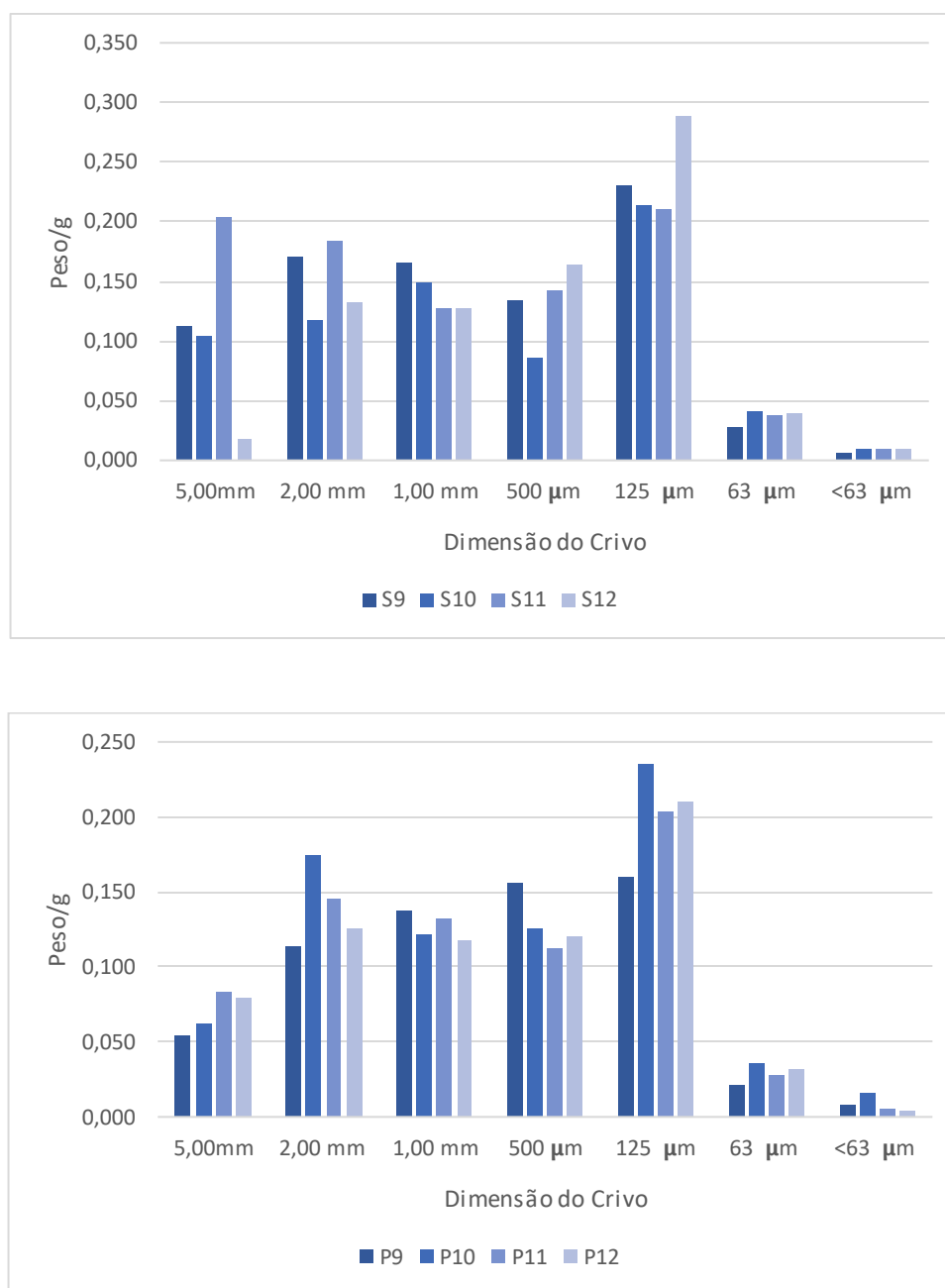


Figura 10: Peso (em g) das diferentes frações correspondentes as amostras de superfície (S) e profundidade (P) do Troço 3.

Caracterização do total de plásticos

De um total de 178 plásticos identificados, em todas as subamostras, 82% são classificados como microplásticos ($1\mu\text{m} - 5\text{ mm}$), enquanto 18% são designados como macroplásticos ($> 5\text{ mm}$), conforme apresentado no Gráfico 1 (Figura 11). Esta distribuição sugere que a região está sujeita a contaminação proveniente de diversas fontes. Foram identificados vários tipos de microplásticos em quase todos os troços, tanto na superfície como em profundidade (Gráfico 2, Figura 11). O maior número de microplásticos foi encontrado nos pontos S8 e P12, enquanto que no ponto S4 não foi contabilizado nenhum microplástico.

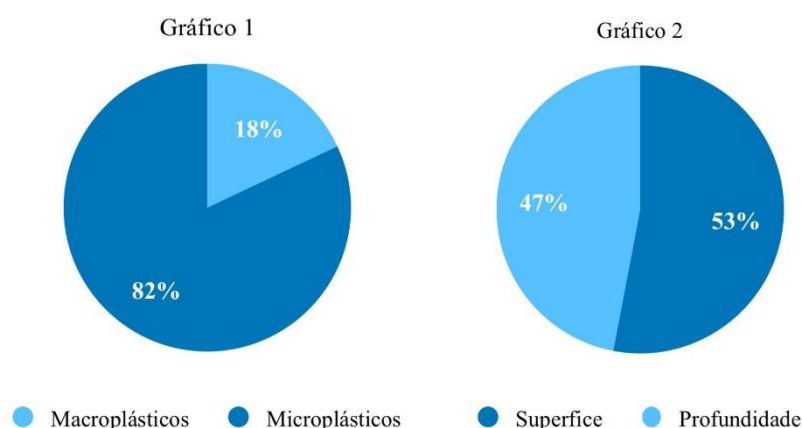


Figura 11: Gráfico 1- percentagem de microplásticos e macroplásticos na albufeira da Barragem do Divo; Gráfico 2- Percentagem de microplásticos à superfície e em profundidade.

Caracterização dos microplásticos à superfície

Os microplásticos identificados à superfície têm distribuição irregular (Figura 12). Na fração de 1,00 mm, foram identificados microplásticos em quase todas as amostras, exceto na amostra S4, que não apresentou microplásticos em nenhuma fração. Foram identificados microplásticos em apenas três amostras (S6, S8, S11 e S12) na fração de 2,00 mm. A presença de microplásticos na fração 5,00 mm, foi significativa nas amostras S8 e S12, indicando uma concentração mais elevada nestas áreas da superfície.

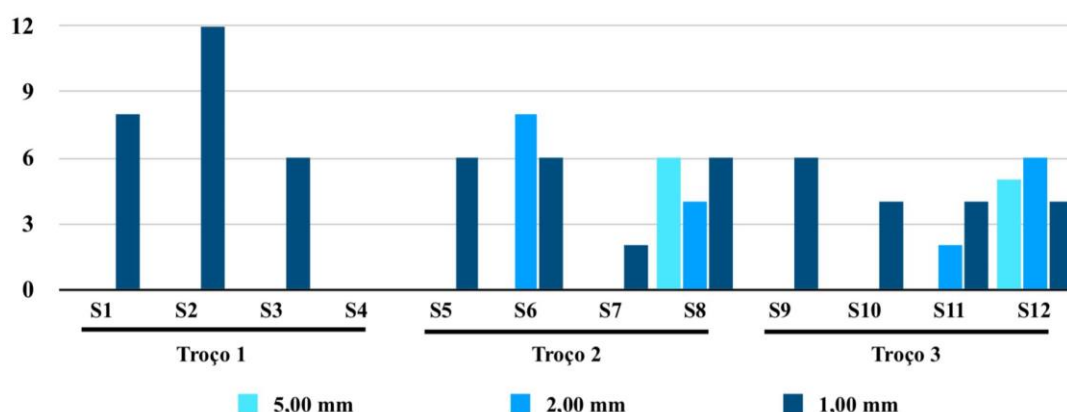
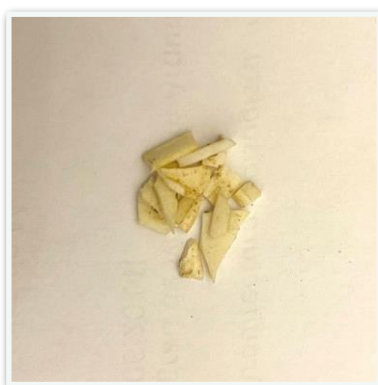


Figura 12: Quantidade de microplásticos à superfície por fração.

Os microplásticos recolhidos na amostra S12 apresentam as condições ideais (tamanho) para a realização de uma análise pelo FTIR-ATR (Figura 13). O espectro obtido foi comparado com espectros de referência, isto é, espectros de plásticos com composição conhecida e permitiu identificar o fragmento como polipropileno (PP). Existem vários objetos produzidos com PP, como copos, bancos, cadeiras, tampas roscadas para bebidas e medicamentos, dobradiças integrais (para alimentos, cosméticos e químicos), máscaras, seringas de injeção, produtos de limpeza, potes domésticos, brinquedos, partes de carros, eletrodomésticos, entre outros (Soares, 2021).

Figura 13: Amostra S12.



Caracterização dos microplásticos em profundidade

Os microplásticos identificados em profundidade apresentam uma distribuição irregular (Figura 14). Todas as amostras apresentaram microplásticos na fração de 1,00 mm. Apenas as amostras P2, P8 e P12 apresentaram microplásticos na fração de 2,00 mm. Também foram encontrados microplásticos na fração 5,00 mm nas amostras P8 e P12.

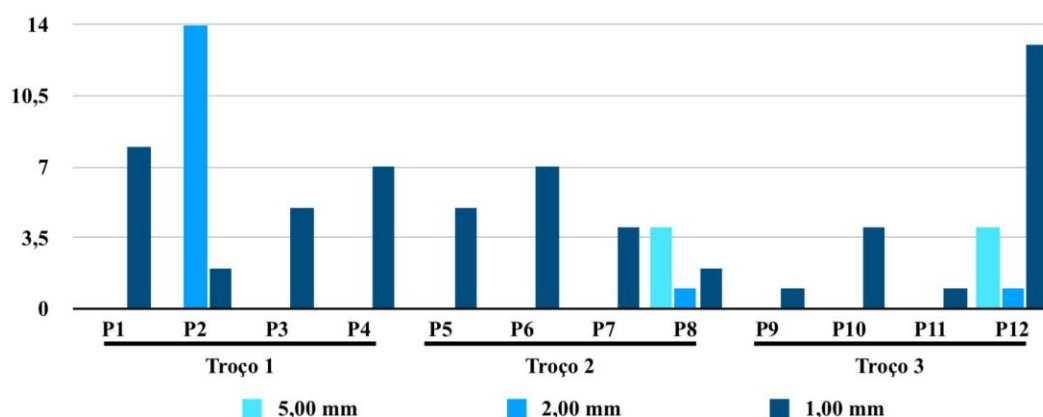


Figura 14: Quantidade de microplásticos em profundidade por fração.

No Troço 1, próximo ao paredão da albufeira e de fácil acesso, o que o torna mais suscetível a poluição, observa-se uma concentração elevada de microplásticos, totalizando 62 partículas identificadas. A presença de microplásticos neste troço pode ser agravada com a atual construção de uma zona de recreio público e náutico localizada perto da área do Troço 1. Já no Troço 2, também de fácil acesso, identificaram-se microplásticos nas três frações. Esta área é comum para atividades recreativas, como a pesca e, no verão, para lazer em toda a sua extensão. Quanto ao Troço 3, destinado ao pastoreio, o seu fácil acesso também contribui para a presença de microplásticos. Neste troço o solo apresenta características mais rochosas, o que dificultou a recolha das amostras. As amostras P12 e S12 destacam-se pela maior concentração de microplásticos nas três frações, sendo essa área a mais abundante em areia.

Na albufeira da Barragem do Divor, a prática de atividades recreativas nas margens, como convívios, piqueniques, atividades de lazer e pesca nas margens, é um dos principais fatores para a presença de microplásticos no ambiente. As atividades agrícolas nas proximidades da albufeira também contribuem para a produção significativa de resíduos plásticos que, por arrastamento da água da chuva, são transportados até à albufeira. Devido à natureza confinada deste ambiente, os materiais plásticos têm uma permanência prolongada, sujeitos à consequente deterioração ao longo do tempo. Além disso, o vento atua como uma fonte adicional de contaminação, que transporta microplásticos e macroplásticos das áreas rurais próximas para a área da barragem. Os macroplásticos transportados acabam por se fragmentar, gerando microplásticos durante este processo. A fragmentação do plástico pode ser influenciada por uma variedade de fatores, incluindo exposição à luz ultravioleta, variações de temperatura, atrito físico, propriedades oxidantes do ambiente e atividade microbiana.

CONCLUSÃO

O estudo realizado na albufeira da Barragem do Divor evidencia que existe uma quantidade significativa de microplásticos na área. A origem e a propagação destes microplásticos estão diretamente ligadas às atividades humanas que ocorrem na região. A produção em larga escala de plásticos, combinada com uma gestão inadequada de resíduos, leva à acumulação destas partículas em várias frações do ambiente aquático, representando uma ameaça para a biodiversidade e para a qualidade ambiental.

A amostragem *in situ*, a crivagem e a análise laboratorial permitiram uma avaliação completa da presença de microplásticos. Conseguiu-se, num caso particular, a deteção do polímero que constituía o microplástico, o polipropileno (PP). O destaque para áreas com elevada concentração no Troço 1 e na amostra S12, permitiu uma análise mais detalhada pelo FTIR-ATR.

Os resultados mostram que as margens da albufeira concentram uma quantidade significativa de microplásticos, especialmente em locais propícios para atividades recreativas, agrícolas e de fácil acesso. Esta problemática pode ser agravada pela construção de áreas de recreio público e náutico, obras já em curso. A fragmentação de macroplásticos, a formação de microplásticos e o aumento da contaminação são potenciados pelo vento e pelas condições ambientais.

Concluindo, é necessário a elaboração de programas de monitorização contínua para preservar os ecossistemas aquáticos. A deteção de microplásticos na albufeira da Barragem do Divor alertam para uma gestão sustentável, políticas ambientais eficientes e consciencialização das populações que usufruem deste espaço tendo em vista a redução dos efeitos prejudiciais desta fonte de poluição. Para proteger a qualidade da água, bem como a saúde dos ecossistemas e a qualidade de vida humana, é necessário realizar pesquisas contínuas e tomar medidas preventivas. Uma vez que a construção de áreas de recreio público e náutico já está em curso, recomenda-se que se invista na colocação de contentores de recolha seletiva deste resíduo, com a sinalética adequada ao efeito. A recolha seletiva deste resíduo, por parte das autoridades competentes para o efeito, também deve ser devidamente calendarizada de forma a que não haja grandes quantidades acumuladas passíveis de transporte por agentes atmosféricos para a albufeira da Barragem do Divor.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à Universidade de Évora por nos proporcionar o ambiente e os recursos necessários para a realização desta pesquisa, particularmente ao Departamento de Química pela possibilidade de utilização do FTIR-ATR. Agradecemos também a todas as pessoas que de uma forma informal contribuíram para que este estudo fosse realizado.

REFERÊNCIAS

Abiplast. (2017). *Perfil 2017*. Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico. <https://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2017/>

AGUIAR, N. R. H., & ASENCIOS, Y. J. O. (2021). Microplastics: characteristics, pollution, and technologies for their removal from water- a review / Microplásticos: características, poluição e tecnologias para sua remoção da água - uma revisão. *Brazilian Journal of Development*, 7(8), 78170–78199. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-168>

- AKBARI, A., & JAAFARI, J. (2025). The Effects of Microplastic Pollution on Marine Organisms and its Impact on Human Health: A Review. *Caspian Journal of Health Research*, 10(1), 1–18. <https://doi.org/10.32598/CJHR.10.1.1925.1>
- ANDRADY, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 199(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- BATORI, V., ÁKESSON, D., ZAMANI, A., Taherzadeh, M. J., & Sárvári Horváth, I. (2018). Anaerobic degradation of bioplastics: A review. *Waste Management*, 80, 406–413. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.040>
- BESLEY, A., VIJVER, M. G., BEHRENS, P., & BOSKER, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055>
- BLETTLER, M. C. M., ABRIAL, E., KHAN, F. R., SIVRI, N., & ESPINOLA, L. A. (2018). Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research*, 143, 416–424. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.015>
- CADORE, S., MATOSO, É., & SANTOS, M. C. (2008). A espectrometria atômica e a determinação de elementos metálicos em material polimérico. *Química Nova*, 31(6), 1533–1542. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422008000600044>
- CIRINO, C., LINO, D., & TEIXEIRA, M. (2017). *A INDÚSTRIA DE TRANSFORMADOS PLÁSTICOS COLEÇÃO VOLUME 2 ESTUDOS SETORIAIS* (1st ed., Vol. 2). São Paulo: Editora Soraia Nigro de Lima. <https://quimicosp.org.br/wp-content/uploads/2017/10/livro-a-industria-de-transformados-plasticos.pdf>
- CLUNIES-ROSS, P., SMITH, G., GORDON, K., & GAW, S. (2016). Synthetic shorelines in New Zealand? Quantification and characterisation of microplastic pollution on Canterbury's coastlines. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 50(2), 317–325. <https://doi.org/10.1080/00288330.2015.1132747>
- COLE, M., LINDEQUE, P., HALSBAND, C., & GALLOWAY, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- COLTRO, L., GASPARINO, B. F., & QUEIROZ, G. de C. (2008). Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. *Polímeros*, 18(2), 119–125. <https://doi.org/10.1590/s0104-14282008000200008>
- COSTA, M. M. E., FILHO, M. D. G., & DEUS, E. P. (2018). ANÁLISE DO ENVELHECIMENTO DO POLIETILENO DE MÉDIA DENSIDADE POR MONITORAMENTO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS. *ABM Proceedings*, 70(70). <https://doi.org/10.5151/1516-392x-27007>
- DU, J., XU, S., ZHOU, Q., LI, H., FU, L., TANG, J., WANG, Y., PENG, X., XU, Y., & DU, X.

(2020). A review of microplastics in the aquatic environmental: distribution, transport, ecotoxicology, and toxicological mechanisms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), 11494–11505. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08104-9>

EMMERIK, T., MELLINK, Y., HAUKE, R., WALDSCHLÄGER, K., & SCHREYERS, L. (2022). Rivers as Plastic Reservoirs. *Frontiers in Water*, 3. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.786936>

FARACA, G., & ASTRUP, T. (2019). Plastic waste from recycling centres: Characterisation and evaluation of plastic recyclability. *Waste Management*, 95, 388–398. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.038>

FU, W., MIN, J., JIANG, W., LI, Y., & ZHANG, W. (2020). Separation, characterization and identification of microplastics and nanoplastics in the environment. *Science of the Total Environment*, 721(6), 137561. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137561>

GAO, Z., CHEN, L., CIZDZIEL, J., & HUANG, Y. (2023). Research progress on microplastics in wastewater treatment plants: A holistic review. *Journal of Environmental Management*, 325(Part A), 116411. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116411>

GESAMP. (2019). Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean. In *GESAMP* (1st ed.). United Nations Environment Programme (UNEP). <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>

GEYER, R., JAMBECK, J. R., & LAW, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 25–29. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

HARRIS, D. C., & BERTOLUCCI, M. D. (1978). *Symmetry and spectroscopy: an introduction to vibrational and electronic spectroscopy*. New York: Dover Publications.

HENDRICKSON, E., MINOR, E. C., & SCHREINER, K. (2018). Microplastic Abundance and Composition in Western Lake Superior As Determined via Microscopy, Pyr-GC/MS, and FTIR. *Environmental Science & Technology*, 52(4), 1787–1796. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05829>

HEO, N., HONG, S., HAN, G., HONG, S., LEE, J., SONG, Y., JAN, M., & SIM, W. (2013). Distribution of Small Plastic Debris in Cross-section and High Strandline on Heungnam Beach, South Korea. *Ocean Science Journal*, 48(2), 225–233. <https://doi.org/10.1007/s12601-013-0019-9>

HOLLAS, J. M. (2004). *MODERN SPECTROSCOPY Fourth Edition*. http://lib.yzu.am/open_books/417209.pdf

JAMBECK, J. R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T. R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARAYAN, R., & LAW, K. L. (2015). Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>

KERNCHEN, S., LÖDER, M. G. J., FISCHER, F., FISCHER, D., MOSES, S. R., GEORGI, C., NÖLSCHER, A. C., HELD, A., & LAFORSCH, C. (2022). Airborne microplastic concentrations and deposition across the Weser River catchment. *Science of the Total Environment*, 818, 151812. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151812>

KHAN, MD. B., URMY, S. Y., SETU, S., KANTA, A. H., GAUTAM, S., ETI, S. A., RAHMAN, M. M., SULTANA, N., MAHMUD, S., & BATEN, Md. A. (2023). Abundance, distribution and composition of microplastics in sediment and fish species from an Urban River of Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 885, 163876. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163876>

KÜMMERER, K., CLARK, J. H., & ZUIN, V. G. (2020). Rethinking chemistry for a circular economy. *Science*, 367(6476), 369–370. <https://doi.org/10.1126/science.aba4979>

KUNDU, M. N., KOMAKECH, H. C., & LUGOMELA, G. (2022). Analysis of Macro- and Microplastics in Riverine, Riverbanks, and Irrigated Farms in Arusha, Tanzania. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 82(1), 142–157. <https://doi.org/10.1007/s00244-021-00897-1>

LAHENS, L., STRADY, E., KIEU-LE, T.-C., DRIS, R., BOUKERMA, K., RINNERT, E., GASPERI, J., & TASSIN, B. (2018). Macroplastic and microplastic contamination assessment of a tropical river (Saigon River, Vietnam) transversed by a developing megacity. *Environmental Pollution*, 236, 661–671. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.005>

LEBRETON, L. C. M., VAN DER ZWET, J., DAMSTEEG, J.-W., SLAT, B., ANDRADY, A., & REISSER, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8(1), 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>

LUSA, A. (2018). *Mais de 400 milhões de toneladas de plásticos produzidos por ano, só 9% são reciclados*. Observador. <https://observador.pt/2018/06/05/mais-de-400-milhoes-de-toneladas-de-plasticos-produzidos-por-ano-so-9-sao-reciclados/>

MÜLHAUPT, R. (2012). Green Polymer Chemistry and Bio-based Plastics: Dreams and Reality. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 214(2), 159–174. <https://doi.org/10.1002/macp.201200439>

OLIVATTO, G. P., CARREIRA, R., LUIZ TORNISIELO, V., & C. MONTAGNER, C. (2018). Microplastics: Contaminants of Global Concern in the Anthropocene. *Revista Virtual de Química*, 10(6), 1968–1989. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180125>

PGRH. (2022). *Região hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (RH-5A) - Caracterização e diagnóstico. Volume A*. https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/PGRH/2022-2027/3_Fase/PGRH_3_RH5A_Parte2_VolumeA.pdf

RAQUEL, M., & MENDES MARTINS, J. (2019). *Monitorização dos macroplásticos e seus impactos numa piscicultura offshore de Sparus aurata na Ilha da Madeira (Portugal)*.

SILVA, P. (2017). *Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha costeira* [Dissertação de Mestrado]. <https://doi.org/10.11606/d.18.2016.tde-27092016-084059>

SOUZA, R. (2009). ATR: AVANÇO DA ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO NA ANÁLISE DE MATERIAIS PLÁSTICOS. In https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v21n3/v21n3_artigo1.pdf. Instituto de tecnologia de alimentos .

VERMA, R., VINODA, K. S., PAPIREDDY, M., & GOWDA, A. N. S. (2016). Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. *Procedia Environmental Sciences*, 35(35), 701–708. Sciencedirect. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069>

WAYMAN, C., & NIEMANN, H. (2021). The fate of plastic in the ocean environment – a minireview. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 23(2), 198–212. <https://doi.org/10.1039/d0em00446d>

ZBYSZEWSKI, M., & CORCORAN, P. (2011). Distribution and Degradation of Fresh Water Plastic Particles Along the Beaches of Lake Huron, Canada. *Water Air and Soil Pollution*, 220(1), 365–372. <https://doi.org/10.1007/s11270-011-0760-6>

ZUMSTEIN, M. T., NARAYAN, R., KOHLER, H.-P. E., MCNEILL, K., & SANDER, M. (2019). Dos and Do Nots When Assessing the Biodegradation of Plastics. *Environmental Science & Technology*, 53(17), 9967–9969. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04513>