



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

INAÊ DINIZ MACÊDO CRUZ

**DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES
DEPOSICIONAIS NA REGIÃO LITORÂNEA E MARINHA DA PARAÍBA, NE
BRASIL**

AREIA
2025

INAÊ DINIZ MACÊDO CRUZ

**DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES
DEPOSICIONAIS NA REGIÃO LITORÂNEA E MARINHA DA PARAÍBA, NE
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharelado em Ciências
Biológicas.

Orientador: Prof.(a) Dr. David Holanda de
Oliveira

Coorientadora: Prof. (a) Dr.(a)
Jacqueline Santos Silva-Cavalcanti

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C957d Cruz, Inaê Diniz Macêdo.

Distribuição e caracterização dos microplásticos em ambientes deposicionais na região litorânea e marinha da Paraíba, NE Brasil / Inaê Diniz Macêdo Cruz. -

Areia:UFPB/CCA, 2025.

52 f. : il.

Orientação: David Holanda de Oliveira.

Coorientação: Jacqueline Santos Silva-Cavalcanti.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. Contaminação plástica 3. Sedimentologia. 4. Dinâmica costeira. 5. Resíduos plásticos. 6. Arrecifes. I. Oliveira, David Holanda de. II. Silva-Cavalcanti, Jacqueline Santos. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 573(02)

INAÊ DINIZ MACÊDO CRUZ

DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES
DEPOSICIONAIS NA REGIÃO LITORÂNEA E MARINHA DA PARAÍBA, NE BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharelado em Ciências
Biológicas.

Aprovado em: 12/05/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



DAVID HOLANDA DE OLIVEIRA

Data: 15/05/2025 14:38:51-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. David Holanda de Oliveira (Orientador)

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente



JACQUELINE SANTOS SILVA CAVALCANTI

Data: 15/05/2025 16:38:57-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. (a) Dr.(a) Jacqueline Santos Silva-Cavalcanti (Coorientadora)

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Documento assinado digitalmente



ELIZANGELA ALVES DOS SANTOS

Data: 15/05/2025 15:31:48-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. (a) Me. (a) Elizângela Alves dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Documento assinado digitalmente



KARINA MASSEI

Data: 15/05/2025 21:39:52-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. (a) Dr. (a) Karina Massei

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A minha família, pelo incentivo, companheirismo
e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Olorum, a minha mãe Iemanjá e meu pai Oxalá, a todos Orixás e aos meus guias pelo amor, por me protegerem, me fortalecerem e por cuidarem dos meus passos, minha cabeça e dos meus caminhos. Aos meus pais, Márcia e Regis agradeço pelo amor, por serem a minha base e por sempre me incentivarem a seguir com meus sonhos, por todo apoio, conversas, conselhos e por terem me criado para o mundo, tendo humildade mas também sabendo que tenho potencial para alcançar tudo que eu desejar e ao meu irmão Ian, obrigada por sua amizade que tem sido fundamental principalmente no final deste ciclo.

Aos meus avós, Dona Zezé e Seu Didi, pelo amor, apoio e incentivo. A tia Marcela, ao tio Marcelo, tia Natália, Enedilma e Enedilza obrigada por toda força, incentivo e apoio às minhas primas Yamana, Ayana e meu primo Gabriel agradeço por torcerem por mim, por me ouvirem, pelos conselhos e pelo amor.

Aos meus amigos de Brasília, quero começar agradecendo a Giovanna e a Kamilla, pelo amor, carinho, amizade e por tudo que não cabe em palavras. Aos meus amigos Cunha, Java, Godinho, Beatriz, Izabella, Camilla e Cynthia obrigada pela amizade que não muda mesmo com o tempo e a distância, amo todos vocês. Aos amigos que fiz na Paraíba, quero agradecer a Samantha, Eduardo, Natália, Pollyana, Tailson, Jefferson, Ellen, Ana Lorena, Lauryellen, Sabrina, Milena e Thallys por terem se tornado minha família. Ter vindo sozinha para outro estado foi um ato de coragem mas permanecer aqui foi mais fácil com vocês na minha vida e queria agradecer pela amizade, pelas trocas, pela companhia e pelas oportunidades que tivemos para crescer juntos como pessoas e como profissionais, incentivando, apoiando e aconselhando, cada um à sua maneira.

Para a realização deste trabalho, eu agradeço ao orientador David Holanda pelo incentivo, suporte, orientações e principalmente por acreditar no meu potencial como futura bióloga/cientista e pela oportunidade dada para trabalhar na área que escolhi e a co-orientadora Jacqueline Silva-Cavalcanti pelas orientações, pelo auxílio e pelas oportunidades dadas para a elaboração deste trabalho. Agradeço a Karina, a Secretária de Pesca e Aquicultura de Cabedelo, Jéssica, Jefferson e aos condutores das embarcações, vocês foram fundamentais para a coleta das amostras e também quero agradecer a Elizângela, Nirvana e Renan pelo treinamento dado no LOPAQ para a realização triagem das amostras coletadas e pela troca e conhecimentos passados, a Samara pela ajuda na triagem das amostras realizadas no PaleoEvo e aos professores Hélder Faria e Carlos Brito por concederem o acesso aos laboratórios LABIOGES e LABIN e a Thais Helena pelo auxílio na utilização dos equipamentos.

“Mesmo se você nunca tiver a chance de ver ou tocar no oceano, o oceano toca em você em cada respiração que você faz, a cada gota de água que você bebe, a cada mordida do que você consome. Todos, em todos os lugares estão inextricavelmente conectados e totalmente dependentes da existência do mar” (Sylvia A. Earle, 2017).

RESUMO

Sabendo que os microplásticos (MPs) são onipresentes, é necessário que haja avaliação do impacto desses contaminantes nos sedimentos pois são considerados sumidouros dessas partículas, principalmente em ambientes estuarinos e protegidos, como por exemplo as Unidades de Conservação (UC's). De acordo com isso, este trabalho tem como objetivo quantificar e caracterizar os microplásticos, de acordo com o formato e a coloração, presentes nas amostras de sedimento do Estuário do Rio Paraíba localizado entre os municípios de Cabedelo e Lucena, e nos Recifes do Seixas, situadas no Município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, para que seja possível realizar um levantamento das áreas que mais sofrem com o impacto dos microplásticos. A metodologia seguiu o protocolo padrão de estudo dos microplásticos, tendo algumas etapas adaptadas à realidade das áreas de estudo. Foram encontrados 4.244 microplásticos (2.339 no estuário e 1.905 nas Piscinas Naturais). Houve diferenças significativas entre os formatos de microplásticos e suas interações com os locais de amostragem, onde os filamentos e fibras ocorreram em maior quantidade no Estuário enquanto que os fragmentos são mais frequentes nas piscinas naturais do Seixas. As cores predominantes foram preta, transparente, azul, seguidas pela cor vermelha e outras como prata, verde, marrom, amarelo e laranja. A presença de microplástico em todas as amostras analisadas, é reflexo do processo de contaminação na área estudada, cujo a origem pode ser oriunda de diferentes fontes, como a proximidade de rios de médio e pequeno porte, descarga de esgotos domésticos proximidade com a praia e pelo turismo.

Palavras-Chave: contaminação plástica; sedimentologia; dinâmica costeira; resíduos plásticos; arrecifes.

ABSTRACT

Since microplastics (MPs) are ubiquitous, it is necessary to assess the impact of these contaminants on sediments, as they are considered sinks for these particles, especially in estuarine and protected environments, such as Conservation Units (CUs). Accordingly, this study aims to quantify and characterize microplastics, according to their shape and color, present in sediment samples from the Paraíba River Estuary located between the municipalities of Cabedelo and Lucena, and in the Seixas Reefs, located in the municipality of João Pessoa, capital of the state of Paraíba, so that it is possible to carry out a survey of the areas that suffer most from the impact of microplastics. The methodology improves the standard protocol for studying microplastics, with some steps adapted to the reality of the study areas. A total of 4,244 microplastics were found (2,339 in the study and 1,905 in the Natural Pools). There were significant differences between the microplastic formats and their interactions with the sampling sites, where filaments and fibers occurred in greater quantities in the Estuary while fragments were more frequent in the natural pools of Seixas. The predominant colors were black, transparent, blue, followed by red and others such as silver, green, brown, yellow and orange. The presence of microplastic in all samples tested reflects the contamination process in the scientific area, which can originate from different sources, such as the proximity of medium and small rivers, domestic sewage discharge near the beach and tourism.

Keywords: plastic contamination; sedimentology; coastal dynamics; plastic waste; reefs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização dos pontos de coleta das amostras de sedimento no estuário do rio Paraíba	18
Figura 2 - Localização dos pontos de coleta das amostras de sedimento da plataforma continental, Recifes do Seixas	19
Figura 3 - Coleta do sedimento, onde: (A e B) Coleta no estuário do Rio Paraíba (C e D) nos Recifes do Seixas, Paraíba	19
Figura 4 - Digestão da matéria orgânica e separação por densidade, onde: (A)Adição de peróxido de hidrogênio H ₂ O ₂ a 30%; (B) Adição de 90g de NaCl na solução para o aumento da densidade; (C)Amostras preparadas para a filtração após às ≥12h	21
Figura 5 - Etapa de filtração, onde: (A)Equipamento de filtração à vácuo; (C)Filtros prontos para a análise microscópica	21
Figura 6 - Esquema ilustrativo das etapas para a análise de microplástico, onde: (1°) Peneiramento Úmido; (2°) Digestão da matéria orgânica e separação por densidade; (3°) Filtragem; (4°) Análise Microscópica....	22
Figura 7- Regiões de coleta do sedimento no Estuário, onde: (A) Estação A1 e (B) Estação A2	28
Figura 8 - Coleta do sedimento nos Recifes do Seixas	30
Figura 9 - Exemplares de microplásticos encontrados nas amostras, onde: (A) fragmento preto (Seixas- 63µm); (B) pellet marrom (Seixas-850µm); (C) fragmento vermelho (Seixas- 850µm);(D) fragmento amarelo (Seixas-850µm); (E) filamento azul (Estuário-63µm); (F) fibra azul (Seixas- 850µm); (G)fragmento dourado (Estuário- 63µm); (H) fragmento multicolorido (Seixas-63µm)	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantitativo de microplásticos presentes nas amostras de cada estação do estuário.	29
Tabela 2- Quantitativo de microplásticos presentes nas amostras de cada estação dos Recifes do Seixas.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
LDPE	Polietileno de Baixa Densidade
MPs	Microplásticos
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PB	Paraíba
PEHD	Polietileno de Alta Densidade
PNUMA	Programa das Nações Unidas
POPs	Poluentes Orgânicos Persistentes
PP	Polipropileno
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UV	Radiação Ultravioleta

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
2	CAPÍTULO I – DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES DEPOSICIONAIS NA REGIÃO LITORÂNEA E MARINHA DA PARAÍBA, NE BRASIL	15
2.1	Introdução,.....	15
3	METODOLOGIA	16
3.1	Áreas de estudo	17
3.2	Coleta	17
3.3	Análises dos microplásticos.....	20
3.3.1	<i>Peneiramento úmido (filtração)</i>	<i>20</i>
3.3.2	<i>Digestão da matéria orgânica e separação de densidade.....</i>	<i>20</i>
3.3.3	<i>Filtração</i>	<i>21</i>
3.3.4	<i>Análise microscópica</i>	<i>22</i>
3.3.5	<i>Espaços em branco processuais</i>	<i>22</i>
3.4	Análise estatística	22
3.5	Análise granulométrica	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1	Correlação da presença de microplásticos entre as áreas estudadas	24
4.1.a	<i>Estuário</i>	<i>25</i>
4.1.b	<i>Recifes do seixas</i>	<i>29</i>

4.2	Classificação dos microplásticos quanto ao formato	32
4.3	Coloração	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICE A - TESTE DE DUNN: INTERAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE AMBIENTE E OS FORMATOS DE MICROPLÁSTICO.....	49
	APÊNDICE B - VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS ANALISADAS NAS ESTAÇÕES DO ESTUÁRIO DO RIO PARAÍBA	50
	APÊNDICE C - VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS ANALISADAS NAS ESTAÇÕES DAS PISCINAS NATURAIS	52

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O plástico é utilizado em todos os setores do nosso cotidiano e isso se deve por possuir propriedades que fazem com que seja um material moldável e durável. Justamente por ter essas características se tornou um problema mundial, pois o seu descarte indevido colabora para que esse material fique mais tempo disponível, contaminando diversas matrizes ambientais.

Os microplásticos (MP's) são polímeros de até 5 mm, classificados como primários e secundários e estão presentes nos diversos ecossistemas terrestres e aquáticos. No ambiente marinho, os MP's estão distribuídos tanto na coluna d'água como nos sedimentos, estes últimos considerados sumidouros e objeto de estudo de várias pesquisas que visam identificar as principais fontes de contaminação e compreender o processo de dispersão dessas partículas em ambientes estuarinos, costeiros e marinhos.

As áreas objetos de estudo deste trabalho, o estuário do Rio Paraíba e as Piscinas Naturais dos Seixas, são áreas de grande relevância ecológica, recreacional, econômica e turística, da região costeira da Paraíba. A presença de partículas de microplásticos nesses locais é preocupante, pois podem adsorver metais pesados e patógenos causando doenças e distúrbios reprodutivos em animais que se contaminam através da cadeia alimentar, incluindo a espécie humana.

Ainda são poucos os trabalhos publicados sobre a ação dos microplásticos no litoral do município de João Pessoa e adjacências. A maioria destes estudos realiza a análise de MP's na coluna d'água do estuário e na zona entremarés das praias urbanas. Todavia, apesar da pouca informação científica, os trabalhos trazem dados alarmantes sobre a poluição das principais praias urbanas da capital paraibana, mostrando que o crescimento da cidade devido à expansão imobiliária e o turismo colaboram para a contaminação desses ambientes, seja pela má gestão de resíduos, pelo descarte inadequado de lixo plástico que chega a dobrar em cidades turísticas, como pela descarga de efluentes nos cursos d'água.

O presente trabalho justifica-se por ser o primeiro a investigar a presença de microplásticos nas áreas analisadas, com foco específico nos ambientes de deposição sedimentar. Sua realização contribui para o avanço do conhecimento sobre a origem e os padrões de dispersão desses poluentes em regiões de grande relevância socioambiental, localizadas na zona estuarina da Paraíba. Além disso, o estudo visa

estimular o debate público e promover a implementação de políticas voltadas à conservação de áreas legalmente protegidas. Diante disso, tem como objetivo quantificar e caracterizar os microplásticos encontrados nos sedimentos do estuário do Rio Paraíba e nos Recifes do Seixas, e contribuir com ações concretas para a conservação da biodiversidade marinha como preconiza a ODS14 e a Década do Oceano.

Este estudo segue o modelo proposto pela Biblioteca Setorial Francisco Tancredo Torres, do CCA/UFPB, sendo apresentado no formato de artigo científico. Sua estrutura está organizada da seguinte forma:

Inicialmente, apresenta-se o título e a introdução, com dados sobre a poluição plástica e as principais características dos microplásticos. Em seguida, é descrita a metodologia adotada, incluindo as áreas estudadas, as etapas da pesquisa e os procedimentos utilizados para a análise dos microplásticos. Por fim, são expostos os resultados, seguidos pelas discussões e conclusões. Nessa última seção, detalha-se a abundância de microplásticos nas áreas investigadas, a comparação entre metodologias de filtragem, sua distribuição nos sedimentos, os formatos e cores predominantes, bem como a comparação dos dados obtidos com os de outros trabalhos da literatura científica.

2 CAPÍTULO I – DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES DEPOSICIONAIS NA REGIÃO LITORÂNEA E MARINHA DA PARAÍBA, NE BRASIL

2.1 Introdução

Os plásticos são polímeros sintéticos leves, impermeáveis e duráveis que podem ser moldados para serem flexíveis, rígidos, transparentes ou coloridos. Esse material contribuiu para o aumento da qualidade da vida humana a partir do século passado por apresentar baixos custos de produção, porém a sua produção em larga escala está levando a um aumento desenfreado da geração de resíduos sólidos, se tornando uma ameaça à vida por causa da má gestão e do descarte indevido em ambientes terrestres, rios, margens de ilhas remotas e oceanos (Montagner, *et al.*, 2021; Galgani, 2017; Barnes, *et al.*, 2009).

De acordo com o relatório de 2021 do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), cerca de 11 milhões de toneladas de lixo plástico entram no oceano anualmente e a previsão é de que até 2040, esse número deverá triplicar. Diante dessa problemática, as Nações Unidas criaram a Agenda 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), onde o Brasil tem muitos desafios para o cumprimento desses ODS, dentre eles o objetivo 14 - Vida na água, que tem como uma das metas a prevenção e redução da poluição marinha de todos os tipos, como por exemplo a poluição por microplásticos. A Década dos Oceanos que começou em 2021 e termina em 2030, se baseia nestes objetivos, principalmente na ODS 14, para incentivar e transformar a ciência oceânica, buscando alternativas para prevenir os impactos das principais ameaças a biodiversidade dos ecossistemas marinhos, como os microplásticos, visando a proteção da saúde destes ecossistemas e a promoção do desenvolvimento sustentável (Christofolletti, *et al* 2021).

Os microplásticos (MPs) são partículas plásticas com menos de 5 milímetros (Andrady, 2011). Eles podem ser classificados em dois tipos: primários e secundários. Os microplásticos primários são aqueles produzidos diretamente, como os pellets de pré-produção usados na fabricação de produtos de limpeza, cosméticos e itens de higiene pessoal, já os microplásticos secundários são originados da fragmentação de

plásticos maiores, que se degradam ao longo do tempo devido a processos como fotodegradação, degradação térmica e outros processos oxidativos (Barnes *et al.*, 2009; Welden *et al.*, 2017; Almroth *et al.*, 2018). Durante esses processos de degradação as partículas de MP's podem apresentar formatos diferentes, como por exemplo: fibras, fragmentos, filamentos e feixes de fibras, podendo também apresentar cores diferentes, sendo elas, originais da sua fabricação ou modificadas por meio de processos de intemperismo (Sundt *et al.*, 2014; Zhao, *et al.*, 2023;).

Essas partículas atingem grandes quantidades na água e principalmente no sedimento, sendo um importante objeto de estudo pois são considerados sumidouros que acumulam essas partículas ao longo do tempo (Menezes, 2024). A abundância de MP's no ambiente facilita a interação com organismos e com o meio ambiente de diversas maneiras, como por exemplo, sendo transferidos para níveis tróficos superiores através da cadeia alimentar (Browne *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2014). Essa interação acaba sendo prejudicial ao meio ambiente e para a saúde humana, porque eles contêm aditivos e outras substâncias tóxicas como poluentes orgânicos persistentes - (POPs) e metais pesados que quando são liberados e/ou ingeridos podem causar doenças como câncer, doenças respiratórias, cardiovasculares, distúrbios na reprodução e no crescimento das espécies (Eerkes-Medrano; Thompson; Aldridge, 2015; Cole *et al.*, 2015; Prata, 2018; Montagner, *et al.* 2021).

Sabendo que os MPs são contaminantes onipresentes, é necessário que haja avaliação do impacto dessas partículas, principalmente em ambientes protegidos, como por exemplo ambientes estuarinos e as Unidades de Conservação (UC's), sendo pontos críticos para acumulação de microplásticos, que sofrem com o turismo, despejo inadequado de esgotos doméstico, industriais e agrícolas (Browne *et al.*, 2010; Wright *et al.*, 2013; Galgani *et al.* 2000). Dito isso, o trabalho aqui presente foi realizado no estuário Rio Paraíba e na Área de Proteção Ambiental (APA): Piscinas Naturais dos Seixas; áreas localizadas na região costeira de João Pessoa, PB. Com isso, o presente trabalho tem como objetivos (1) Quantificar a ocorrência microplásticos no sedimento não consolidado do Estuário do Rio Paraíba e dos Recifes do Seixas; (2) Analisar e comparar os padrões de distribuição dos microplásticos entre as áreas estudadas; (3) Caracterizar os MP's quanto ao seu formato e sua coloração.

3. METODOLOGIA

3.1 Áreas de estudo

As áreas de estudo fazem parte do litoral paraibano, que possui 133 quilômetros de extensão, o estuário está localizado mais precisamente entre os municípios de Cabedelo, Lucena, Santa Rita, Bayeux e João Pessoa e as Piscinas Naturais localizadas em João Pessoa. A distância entre as duas áreas é de aproximadamente 25 quilômetros.

O estuário do Rio Paraíba possui uma extensa área de manguezais e remanescentes de mata atlântica, sendo uma região de alta produtividade biológica e de grande concentração de recursos alimentares (Dolbeth *et al.*, 2016; Guedes, 2002). E assim como outras regiões estuarinas, é muito afetado por variações naturais e principalmente pela pressão humana, pois os rios são as principais vias de transporte de poluentes para o ambiente marinho (Núcleo de Estudos e Pesquisas dos Recursos do Mar, 1980).

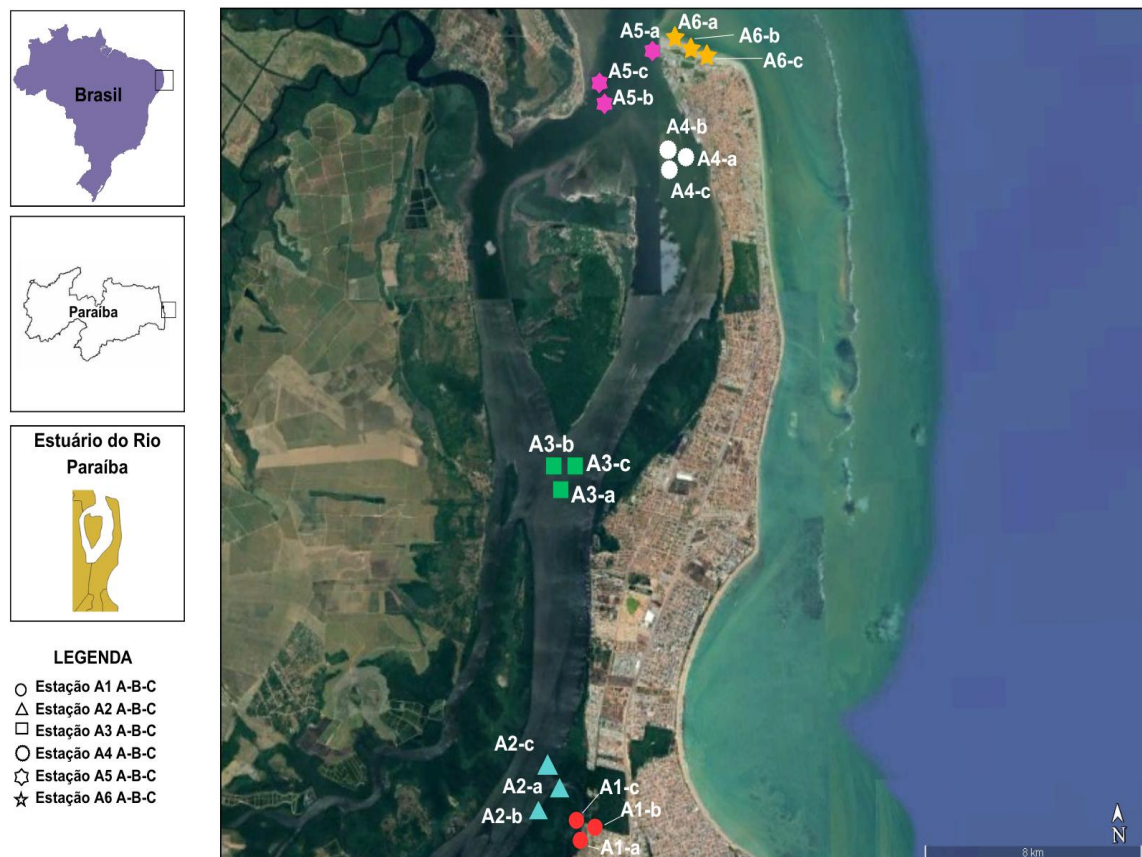
Os Recifes do Seixas, fazem parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Naufrágio Queimado, criada em 2018 e que possui uma área de aproximadamente 422 km² distribuídos entre os municípios de Cabedelo e João Pessoa (PB), até a quebra da plataforma continental (Massei, 2019). É uma área conhecida pela beleza cênica e principalmente pela importância biológica, com a presença de recifes que servem de estrutura e habitat para muitas espécies de corais, peixes, moluscos, dentre tantas outras espécies que são endêmicas e também ameaçadas de extinção (Castro; Pires, 2001; Zilberberg *et al.*, 2016). Ainda não foi registrado nenhum trabalho com microplástico nesta região.

3.2 Coleta

As coletas foram realizadas na porção estuarina do Baixo Paraíba, classificado como um estuário do tipo barra e sua planície flúvio-marinha (34°50'00" a 34°57'30" O e 6°55'00" e 7°7'30" S), localizado entre os municípios de Cabedelo e Lucena (da Silva, 2019). Foram escolhidas 6 estações (A1, A2, A3, A5 e A6) no estuário, cada

uma com duas réplicas, totalizando 18 amostras, a coleta foi realizada com o auxílio da draga Van-Veen durante a maré baixa (Figura 1).

Figura 1. Localização dos pontos de coleta das amostras de sedimento no estuário do rio Paraíba.



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora (2025).

Nos Recifes do Seixas ($7^{\circ} 9.197'S$ e $34^{\circ} 47.264'O$ e $7^{\circ} 9.197'S$), em João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, foram escolhidas 5 estações (B1, B2, B3, B4 e B5), todas elas sendo áreas de sedimento friável para a coleta de 5 amostras, com duas réplicas, totalizando 15 amostras. As amostras foram coletadas através do mergulho livre, por ser um método de coleta pouco invasivo (Figura 2).

Figura 2. Localização dos pontos de coleta das amostras de sedimento da plataforma continental, Recifes do Seixas.



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora (2025).

Os materiais utilizados para a coleta foram: espátula; potes de vidros de 600 ml para o armazenamento do sedimento; Disco de secchi; Aparelho multiparâmetro U50 Horiba para verificação das variáveis físico-químicas da água, como salinidade, pH, temperatura e oxigênio dissolvido. Todos os materiais foram esterilizados e lavados com água destilada antes dos procedimentos, para evitar a contaminação cruzada.

Figura 3. Coleta do sedimento, onde: (A e B) Coleta no estuário do Rio Paraíba (C e D) nas Piscinas Naturais dos Seixas, Paraíba.



Fonte: Acervo Pessoal (2024)

3.3 Análises dos microplásticos

As análises foram realizadas no Laboratório de Paleontologia e Evolução do CCA/UFPB. A metodologia para análise laboratorial de microplástico (MP) no sedimento foi uma adaptação dos trabalhos de Masura, *et al.*, (2015); Strady, *et al.*, (2021); Silva-Cavalcanti, *et al.*, (2023) (Figura 4).

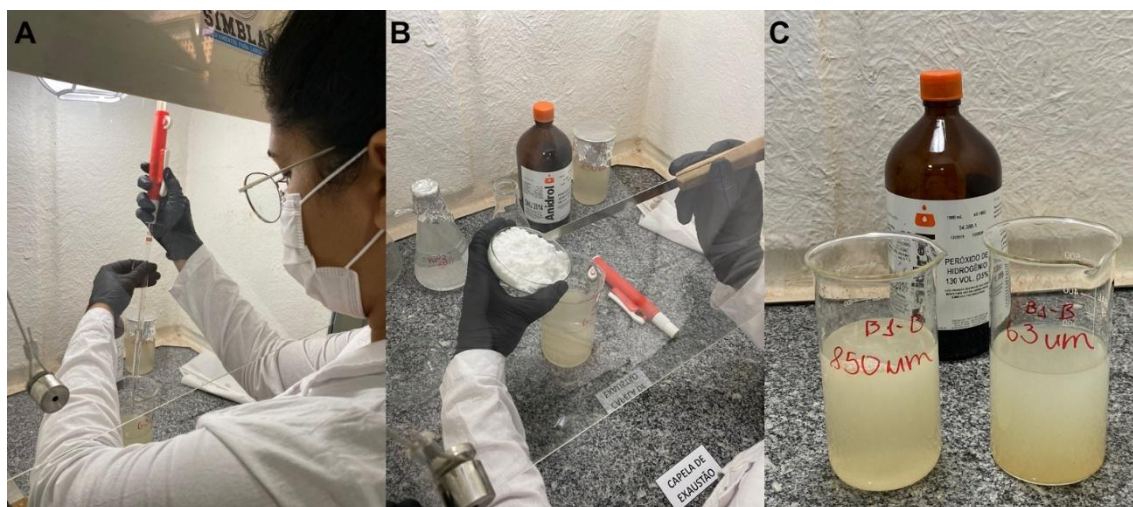
3.3.1 Peneiramento úmido (filtragem):

Para o processo de peneiramento úmido, 400g das amostras foram submetidas a peneiras de malha de aço inoxidável de 850 μm e 63 μm , para descartar os detritos plásticos maiores que 5mm. Em seguida, as amostras foram lavadas em água destilada, para que as peneiras retivessem os sólidos residuais. Após o enxágue, o líquido (caldo) obtido (300mL) foi transferido para um bquer e classificado como primeiro filtrado. Para a obtenção do segundo filtrado, o sedimento retido na peneira de 850 μm , da etapa anterior, foi peneirado novamente, agora com a peneira de 63 μm em baixo, e lavado com água destilada novamente, para obtenção do segundo caldo.

3.3.2 Digestão da matéria orgânica e separação de densidade:

Para a destruição da matéria orgânica presente nas amostras, foi utilizado uma adaptação ao método de digestão de Masura *et al.* (2015). Desta forma, 300mL do caldo obtido durante a etapa de peneiramento úmido, foi misturado a 20 mL de peróxido de hidrogênio H_2O_2 a 30%. A mistura ficou em repouso em temperatura ambiente por cinco minutos. Posteriormente, foi adicionado 90 g de NaCl, para aumentar a densidade da solução aquosa. Os béqueres contendo a solução, foram cobertos com papel alumínio e deixados em repouso, em temperatura ambiente, por ≥ 12 h (Figura 4).

Figura 4. Digestão da matéria orgânica e separação por densidade, onde: (A) Adição de peróxido de hidrogênio H_2O_2 a 30%; (B) Adição de 90g de NaCl na solução para o aumento da densidade; (C) Amostras preparadas para a filtração após às ≥ 12 h.

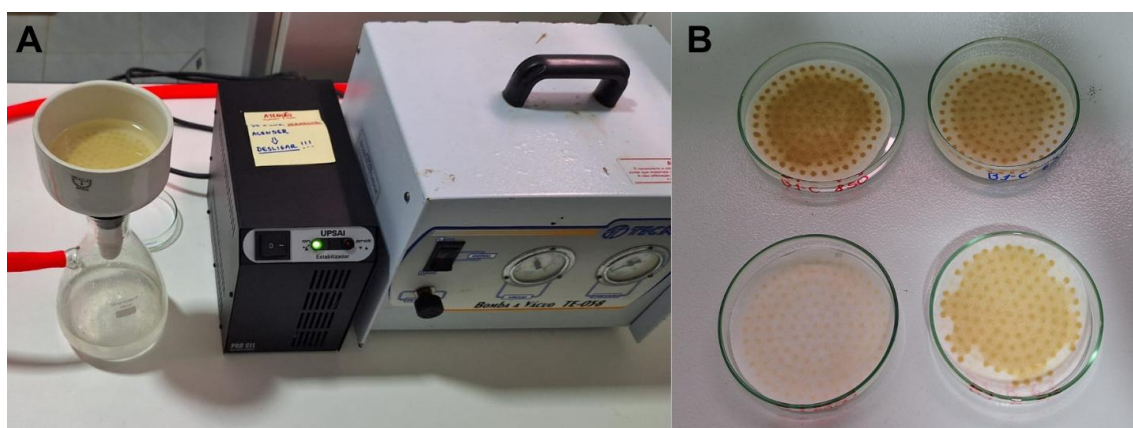


Fonte: Acervo Pessoal, 2024.

3.3.3 Filtração:

Após eliminação da matéria orgânica, a solução foi transferida para um equipamento à vácuo, para ser filtrada através de filtros de fibra de vidro ($5\ \mu m$). Posteriormente, os filtros foram colocados, separadamente, em placas de Petri tampadas, até a inspeção visual em estereomicroscópio (Figura 5).

Figura 5. Etapa de filtração, onde: (A) Equipamento de filtração à vácuo; (C) Filtros prontos para a análise microscópica.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

3.3.4 Análise microscópica:

Os filtros foram inspecionados visualmente sob estereomicroscópio (Discovery.V8) e classificados quanto ao seu formato (fragmento, filamento, fibras, feixe de fibras e pellets) e coloração. Todas as partículas suspeitas de serem microplásticos, quando necessário, foram submetidas ao teste da agulha quente, a fim de distinguir partículas naturais de partículas sintéticas. O teste-da-agulha quente de WITTE et al. (2014), consiste e aquecer uma agulha e tocar na superfície do possível MP (Figura 6)

Figura 6. Esquema ilustrativo das etapas para a análise de microplástico, onde: (1°) Peneiramento Úmido; (2°) Digestão da matéria orgânica e Separação por densidade; (3°) Filtragem; (4°) Análise Microscópica.



Fonte: Lopes, adaptado pela autora (2025).

3.3.5 Espaços em branco processuais:

Para evitar a contaminação cruzada foram adotadas medidas como: utilização de jalecos 100% algodão; uso de luvas de nitrila durante todo o processamento; limpeza de todos os recipientes utilizados durante o processamento da amostra cobertos com água destilada antes da reutilização, evitar o uso de itens de plásticos e a utilização de controles em branco.

3.4 Análises estatísticas:

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) (RAZALI; WAH, 2011), seguindo as recomendações para análise de dados ambientais descritas por Mishra *et al.* (2019).

Para avaliar se a variável Microplástico apresentava diferenças significativas entre as localidades, foi feita uma análise em duas etapas para verificar a normalidade e a comparação de médias.

Para comparar os tipos de microplásticos coletados nos filtrados (850 μm e 63 μm) entre os ambientes (Seixas e Estuário), aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis com pós-teste de Dunn (Kruskal; Wallis, 1952), ajustado pelo método de Bonferroni para múltiplas comparações (Benjamini; Hochberg, 1995), seguindo protocolos recentes para análise de poluentes (LI, *et al.*, 2023) para avaliar:

1. Efeito do local;
2. Efeito do formato do microplástico;
3. Interação local $\times$ formato;

Todas as análises foram realizadas no R 4.3.1, utilizando os pacotes *stats* (testes básicos); *dunn.test* (pós-teste não paramétrico), *ggplot2* (visualização). As proporções dos tipos de microplásticos e cores foram visualizadas em gráficos de barras empilhadas (Ferreira, *et al.*, 2021), gerados no pacote *ggplot2* (Wickham, *et al.* 2023).

Para modelar a associação entre malhas, localidades e variáveis de interesse (formatos/cores de microplásticos), utilizou-se um Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição *Quasi-Poisson* (Zurr, *et al.*, 2022).

3.5 Análise granulométrica:

A determinação granulométrica de sedimentos pelo método de peneiramento foi realizada utilizando uma coluna composta por 11 peneiras de malhas padronizadas com seus Phi's respectivamente sendo de: -1, 0,5, 0, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4 e uma base (ou fundo), que serve para reter a fração mais fina, incluindo silte e argila.

Posteriormente a determinação de matéria orgânica, o sedimento que sobrou da análise, foi utilizado para a determinação granulométrica. A amostra foi colocada num agitador magnético por aproximadamente 15 minutos.

Após a agitação, cada peneira é cuidadosamente retirada e o material retido em cada uma é pesado individualmente em balança de precisão. O material coletado na base (peneira sem malha) corresponde às partículas menores que a abertura da última peneira e é considerado como a fração de silte + argila. Se necessário, essa fração pode ser posteriormente analisada por métodos de sedimentação (como pipetagem ou hidrômetro) para separar quantitativamente o silte da argila.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Correlação da presença de microplásticos entre as áreas estudadas:

Foi constatada a presença de microplásticos em todas as amostras analisadas, totalizando 4.244 microplásticos: 2.339 no Estuário (com média de 389 MP's p/400g de sedimento) e nos Recifes do Seixas 1.905 MP's (com média 381 MP's p/400g de sedimento). Ao todo foram encontradas 16 partículas de microplástico em todos controles em branco utilizados durante a análise de microplásticos, essa quantidade sendo subtraída do valor total de microplásticos.

A despeito da ausência de um valor de referência para o grau de contaminação por microplásticos em sedimentos, os resultados deste trabalho demonstram similaridade com dados provenientes de áreas reconhecidamente impactadas por esse poluente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos (2022), onde encontrou uma concentração de 1.757 microplásticos ao longo do gradiente hidrodinâmico do estuário do Rio Capibaribe - Recife, Brasil, sendo considerado um rio altamente contaminado. Alves (2019), também analisando a presença de microplásticos em depósitos sedimentares, quantificou 4.367 a 25.794 itens p/m² no sedimento da Baía de Guanabara RJ-Brasil, sendo uma quantidade superior quando comparada com dados existentes de pesquisas que investigam a abundância de microplásticos em

sedimentos e na coluna d'água, corroborando assim com a hipótese de que os sedimentos também são importantes hotspots de MP's, como visto neste trabalho.

Em relação aos dados obtidos nos Recifes do Seixas, a comparação com outros trabalhos em ambientes recifais costeiros se mostra desafiador, pois são escassos no Atlântico Sul. Entretanto, quando relacionado os resultados deste trabalho com a pesquisa realizada por Zainuddin, *et al* (2022) na Malásia, onde encontraram 4.650 ± 1.220 MP/m³ na coluna d'água e Weijie Bian, *et al* (2024) que quantificaram uma abundância média de $190,00 \pm 1.43,15$ MPs kg⁻¹ nos sedimentos dos recifes das ilhas Hainan, China, verificamos valores considerados altos para esse ambiente. De uma forma geral, não há diferenças estatísticas significativas da abundância de microplásticos entre os locais estudados, onde o valor-p = 0,9129, foi acima de $\alpha = 0,05$, todavia é possível observar diferenças na distribuição entre as estações analisadas de cada ambiente:

a. Estuário:

Em relação aos dados abióticos do Estuário, a temperatura variou entre 30°C e 34°C, os valores do pH não variaram significativamente, estando dentro dos padrões considerados satisfatórios (6-9) e a salinidade variou entre 4 e 7, esse sendo o valor mais elevado por serem dos pontos mais próximos à foz (Leite e Crispim, 2020). Em relação a análise granulométrica, a classificação variou de areia fina, areia média e areia muito fina entre as estações, porém não foi um fator que influenciou isoladamente na distribuição de microplásticos no estuário (Apêndice B).

Segundo Horton *et al.*(2017), 70% a 80% dos plásticos observados em ecossistemas marinhos são transportados pelos rios, mas além de serem via de transporte, são áreas que também estão sujeitas ao acúmulo de deste contaminante, principalmente os rios que sofrem alta influência de atividades antropogênicas, assim como a área de estudo. A quantidade de microplásticos encontrada nos sedimentos do estuário do rio Paraíba, podem estar relacionadas com a contaminação do solo e dos lençóis freáticos, a expansão da urbanização dos municípios que o margeiam, pela descarga de esgoto doméstico, agrícola e industriais nos afluentes Tambiá e Jaguaribe que como também no próprio rio Paraíba (Santos, *et al.*2016). Resultados

semelhantes foram obtidos Rakib, *et al* (2022) que determinaram a carga de MPs e o padrão de distribuição ao longo do estuário de Karnaphuli, Bangladesh. Os autores identificaram 1.117 MP's no sedimento, onde a abundância variou de 22,29–59,5 itens/kg e as fontes pontuais e difusas de contaminação como efluentes de águas residuais, valas de drenagem, escoamento agrícola, bueiros pluviais e o descarte inadequado de lixo estavam presentes ao longo do estuário, estando propenso a contaminação por MPs assim como a área do presente estudo.

Quando analisado por estações, a distribuição de microplásticos foi maior entre as estações A1 (495 partículas), A2 (528 partículas), A3 (467 partículas) e A4 (458 partículas) que estão localizadas em regiões com dunas subaquosas que ficam expostas durante a maré baixa, que reduzem a turbulência colaborando com o acúmulo dessas partículas no sedimento (Guedes, 2002). O processo de ocupação dos manguezais que margeiam todo o estuário pode colaborar para a abundância dessas partículas, pois essas áreas sofrem com os impactos do porto comercial, funcionamento da estrada de ferro, depósitos indústrias, atividades turísticas, empreendimentos imobiliários e carciniculturas (Araújo & Bezerra, 2025). Além disso, de acordo com Li (2022) habitats de carbono azul, como a área estudada, podem acumular essas partículas pois são áreas onde ocorre a redução da força das ondas e a velocidade das águas, colaborando também para a retenção do sedimento e dos MP's nessas estações (Yaxin Li, 2022; Martin, *et al.* 2020; Huang *et al.*, 2022; Martin *et al.*, 2020; Gu *et al.*, 2018).

Na presente pesquisa, os resultados obtidos nas estações A1 e A2 corroboram com os achados da literatura sobre a alta contaminação por microplásticos em ambientes fluviais urbanos, especialmente aqueles impactados pela ausência de infraestrutura de saneamento básico. A estação A1, localizada no rio Jaguaribe, e a estação A2, situada no ponto de encontro deste afluente com o rio Paraíba, apresentaram elevados níveis de microplásticos. Esse alto grau de contaminação pode ser atribuído, em grande parte, à crescente urbanização do município de João Pessoa, que resulta no lançamento inadequado de esgotos domésticos, especialmente nos dois trechos analisados. A diluição dos resíduos no estuário, devido à dinâmica das águas, não diminui a preocupação com os impactos ambientais da poluição por plásticos, como observamos nas amostras analisadas (Figura 7).

A relação entre a presença de microplásticos e a urbanização é bem documentada na literatura. Santos et al. (2016) já haviam observado a poluição do Rio Jaguaribe com resíduos urbanos, como lixo e produtos químicos, em razão da falta de saneamento básico nas áreas marginais do rio. Essa falta de infraestrutura contribui para o aumento da eutrofização e do assoreamento, além de favorecer o descarte irregular de materiais plásticos, como relatado pelos autores. Esses fenômenos resultam na presença de microplásticos tanto na água quanto nos sedimentos, como também identificado nesta pesquisa.

Resultados semelhantes foram encontrados por Yifan (2022), que investigou a dinâmica espacial e temporal dos microplásticos em uma rede fluvial urbana no leste da China. O autor observou que a abundância de microplásticos variou consideravelmente, de $2,3 \pm 1,2$ a $104,6 \pm 5,6$ partículas/L, com as maiores concentrações sendo registradas em áreas comerciais e industriais. O presente estudo também identificou maiores concentrações de microplásticos nas estações A1 e A2, especialmente em trechos próximos à área urbana de João Pessoa, o que reforça a ideia de que áreas mais urbanizadas são fontes significativas de poluição plástica em ambientes aquáticos.

Em outro estudo, Dikareva (2019) encontrou até 303 partículas m^{-3} na água e 80 partículas kg^{-1} no sedimento em córregos urbanos de Auckland, Nova Zelândia. Este estudo é particularmente relevante para a comparação com os dados obtidos nas estações A1 e A2, uma vez que os rios urbanos, frequentemente sujeitos a despejos de resíduos plásticos e esgoto, apresentam contaminação similar. No Brasil, Santos et al. (2022) relataram 1.757 microplásticos nas amostras de água do estuário do rio Capibaribe, localizado na Região Metropolitana do Recife, estado de Pernambuco. Este achado é comparável ao encontrado nesta pesquisa, especialmente no que tange à relação entre a urbanização e o aumento da carga de microplásticos nos rios e estuários urbanos.

Ainda em consonância com a literatura, Rodrigues (2018) encontrou uma variação de 193 a 1.265 microplásticos na coluna d'água e 100 a 629 partículas no sedimento do rio Antuã, em Portugal. Esses valores estão alinhados com os dados da pesquisa atual, mostrando que a contaminação por microplásticos é um fenômeno global e que, embora as concentrações possam variar, a presença de microplásticos em rios urbanos parece ser um padrão recorrente, independentemente da região do mundo em que se realiza o estudo.

A comparação entre os resultados obtidos e os estudos previamente mencionados fortalece a hipótese de que a poluição por microplásticos é um problema ambiental crescente e que a urbanização descontrolada é um dos principais fatores que contribui para a dispersão desses contaminantes em ambientes aquáticos. Além disso, a falta de políticas públicas eficientes de gestão de resíduos sólidos e tratamento de esgoto em áreas urbanas têm um papel decisivo no agravamento desse problema.

Figura 7. Regiões de coleta do sedimento no Estuário, onde: (A) Estação A1 e (B) Estação A2.



Fonte: Acervo Pessoal (2024)

As **estações A3 e A4** apresentaram 467 e 458 MP's próximas à Ilha da Restinga e perto do porto de Cabedelo. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira, (2022) para o mesmo local, onde identificou 430 partículas de microplásticos como média mensal no período de 12 meses, o que revelou uma alta incidência dessas partículas contaminantes também na coluna d'água, influenciada pela variação sazonal e das marés. Além da geomorfologia do local, a proximidade com o porto pode colaborar para o acúmulo de microplásticos destas estações, pois de acordo com Sousa (2014), aproximadamente 100 milhões de toneladas de água de lastro são despejadas na costa brasileira a cada ano devido à grande movimentação de navios, sendo assim, considerada um dos principais veículos de contaminação de microplásticos na zona costeira brasileira (Figueiredo, 2023).

As amostras **da estação A5** (230 partículas) foram coletadas na desembocadura do estuário, região mais profunda com poucos bancos de areia e que sofre com o processo de erosão nas praias do distrito de Costinha - Lucena. A menor quantidade de microplásticos nesta estação pode ter relação com a morfologia da região, pois o estreitamento do canal faz com que o haja um aumento no volume de

água, e conseqüentemente aumente a força hidrodinâmica que vai carreando o sedimento e os microplásticos e também com a alteração dos processos morfodinâmicos, como o transporte de sedimentos após a construção do molhe, que foi feito para evitar o assoreamento onde está localizado o porto e o dique de Cabedelo, o que pode ter influenciado na menor quantidade de microplásticos (Guedes, 2002).

Assim como a estação A5, a região onde foram coletadas as amostras da **estação A6** também sofre alterações no transporte do sedimento, pois com a construção do molhe houve o aumento da faixa de areia, e a menor quantidade de MPs (161 partículas) nessa estação pode ter relação com a influência das ondas, da variação das marés e dos ventos (Guedes, 2002).

Tabela 1. Quantitativo de microplásticos presentes nas amostras de cada estação do estuário.

Estuário do Rio Paraíba					
A1	A2	A3	A4	A5	A6
495	528	467	458	230	161

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

b. Recifes do seixas:

Os dados abióticos entre as estações dos Recifes do Seixas, foram iguais, onde a temperatura da água foi 31,6°C, a salinidade foi de 7% e o pH igual a 8,4. De acordo com a análise granulométrica, a classificação variou de areia média, areia grossa e areia muito grossa entre as estações e assim como no Estuário, não foi um fator influenciador na quantidade de microplásticos encontrados neste local (Apêndice C).

Pesquisas sobre a contaminação por microplásticos em ambientes recifais são escassos. No entanto, o grau de contaminação nas Piscinas Naturais do Seixas é preocupante, já que a quantidade de MP's é semelhante à do estuário, considerada neste trabalho como uma área poluída. Jeyasanta, *et al* (2020), comparou a

ocorrência de microplásticos em três tipos de habitats, dentre eles recifes de corais, próximos da Ilha Rameswaram, na Índia. Os autores relataram a abundância de MPs nas amostras de sedimentos (55 ± 21 a 259 ± 88 itens/kg) pode ser atribuída as atividades antropogênicas na Ilha, como a pesca, peregrinação, turismo, a presença de viveiros de carinoculturas como também pelos agentes abióticos como as correntes, ondas, ventos que podem ser responsáveis pelo transporte e pela estrutura dos recifes de corais que atuam como barreiras e aprisionam os microplásticos trazidos pelas correntes d'água assim como também foi identificado nesta pesquisa.

Por ser um recife localizado próximo da costa, os Recifes do Seixas sofre influência das correntes de deriva litorânea, marés e ondas, como também do turismo, pesca e o aporte sedimentar que vem das falésias, das praias e dos rios Cabelo, Aratu e Jacarapé, devido a presença de um canal entre o recife e a praia (plataforma interna) que pode colaborar para a origem, o transporte e o acúmulo de microplásticos encontrados na região (Massei, 2019).

Figura 8. Coleta do sedimento nas Piscinas Naturais do Seixas.



Fonte: Acervo Pessoal (2024).

De acordo com a Resolução nº 274/00 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), existem critérios para avaliação da balneabilidade das praias brasileiras, porém não foi possível ter acesso aos relatórios da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) da qualidade das águas dessas regiões no mês da coleta e dos meses anteriores. Entretanto, Lima (2013) constatou insatisfatória a qualidade da água entre os rios Cabelo e Gramame, que deságuam

na região sul, devido à falta de infraestrutura e da má gestão de efluentes. Além disso, Cruz (2017) identificou que nessas áreas as principais fontes de poluição são difusas (lançamentos de resíduos sólidos e efluentes industriais, aterramento do mangue, desmatamento, ocupação irregular, entre outros) e estão distribuídas entre a nascente do rio até a sua foz. Essas situações corroboram para o alto índice de microplástico na área estudada.

A distribuição de microplásticos foi quantitativamente equivalente entre as estações, porém com maior variação na estação **B5**. As **estações B1** (523 partículas), **B2** (292 partículas), **B3** (411 partículas) ficam na área batida, região que fica emersa durante as marés baixas, assim como a estação **B4** que fica na área platô dos recifes, formando piscinas naturais. Por serem regiões com o relevo mais acentuado, elas formam uma barreira natural que colabora para o acúmulo de microplásticos nessas piscinas (Lima, 2017; Kaplan, *et al.*, 1982; Leão, *et al.*, 2003 e Sheppard, *et al.*, 2009).

A estação **B3**, como foi dito anteriormente, foi uma das estações mais contaminadas, e está localizada na região das Piscinas onde é realizado um trabalho de restauração ecológica dos corais, essa situação pode comprometer o restabelecimento e recolonização desses organismos na região. Isso porque, estudos já conseguiram detectar MPs em corais bioconstrutores, como por exemplo, os pioneiros Hall *et al.* (2015) que descobriram que o coral *Dipsastrea pallida* pode consumir até ~50 µg de plástico, uma taxa comparável ao seu consumo de plâncton e Barros (2024) que comparou o grau de contaminação de corais da espécie *Siderastrea stellata* (a mesma espécie presente na área estudada), coletados em um ambiente recifal na cidade de Fortaleza com o de uma região que sofre menos pressão antrópica, encontrando assim uma maior quantidade de microplásticos nos tecidos dos corais dos recifes de Fortaleza. É necessário que se tenha uma maior compreensão dos possíveis impactos destas partículas nesses organismos, Tang *et al* (2018) demonstraram que a exposição aguda ao microplástico pode comprometer a capacidade antiestresse e o sistema imunológico dos corais escleractíneos *P. damicornis*, assim como Riecher, *et al* (2018) relatou que a presença de microplásticos nos tentáculos de *Pocillopora damicornis*, pode resultar no branqueamento e na necrose dos tecidos.

A estação **B5**, fica na área abrigada (voltada para o continente) e apesar de ser a região onde tem mais turistas, foi a estação com menos quantidade de

microplásticos (263 partículas) pois está em uma região constantemente submersa, sofrendo uma maior influência da variação de maré o que contribui para a maior dispersão dos microplásticos no ambiente (Massei, 2019). Uma pesquisa realizada por, Weijie Bian, *et al* (2024) correlacionou a distribuição dos MPs com as atividades antropogênicas realizadas nos recifes, como turismo e também com a geografia da região e assim como os nossos resultados foram encontrados mais microplásticos nos recifes que recebem mais turistas e a baía é semifechada, enquanto que a menor abundância de microplásticos foi na área que fica submersa.

Tabela 2. Quantitativo de microplásticos presentes nas amostras de cada estação das Piscinas Naturais dos Seixas.

Piscinas Naturais dos Seixas				
B1	B2	B3	B4	B5
523	292	411	416	263

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

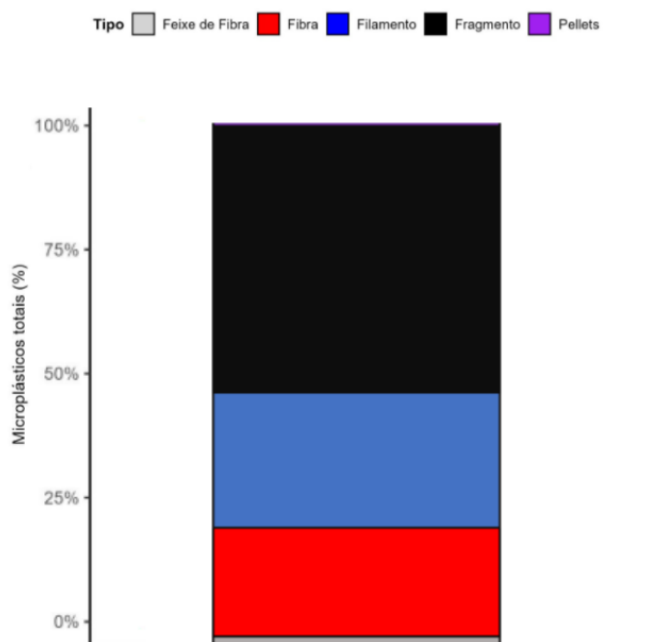
4.2 Classificação dos microplásticos quanto ao formato

A abundância do formato dos MP's variou entre as áreas estudadas ($p < 2.2e-16$ p estuário; $p = 4.444e-13$ seixas), sugerindo que a distribuição dos diferentes formatos de microplásticos não é igual nos dois locais (APÊNDICE A). Em ambas localidades, a maioria dos MPs encontrados são secundários do tipo fragmento (51,2%), que geralmente tem a aparência de terem sido quebrados, com bordas lisas ou angulares; seguido por filamentos (26%), que tem as pontas arredondadas; fibras (20,9%), que tem as pontas desfiadas; feixe de fibras (1,6%), com duas ou mais fibras e por último, o pellet (0,3%) que é um MP primário (Gráfico 1).

De forma geral, pesquisas mostram que fragmentos, fibras e filamentos são os formatos mais encontrados nos ambientes aquáticos corroborando com os resultados deste trabalho. Dodson, *et al* (2020) realizaram um estudo onde confirmaram a hipótese de que fibras e fragmentos foram as partículas mais comuns nos sedimentos de praia de estuários e barreiras de sítios insulares na Virgínia e na Carolina do Norte,

sendo que a distribuição desses formatos entre as áreas foi influenciada pela proximidade de áreas urbanas e também pelas correntes marítimas. Dos Santos, *et al* (2022) encontraram uma maior proporção de fragmentos (86%) na coluna d'água rio Capibaribe em relação a outros formatos, assim como Pan, *et al* (2021) que considerou que a abundância de fragmentos de espuma encontrada na Baía de Dongshan (China) era um indicador dos equipamentos utilizados na principal atividade econômica da região, a aquicultura pesqueira na Província de Fujian. Esses resultados convergem para os dados obtidos nas áreas estudadas.

Gráfico 1. Representação da distribuição percentual dos diferentes formatos de microplásticos encontrados.



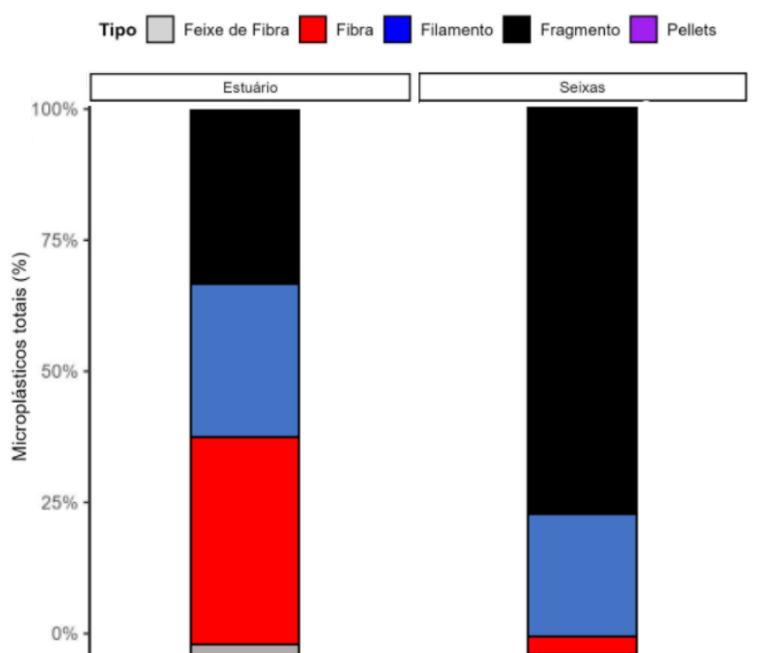
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

No estuário, a predominância é de fibras (35,4%), fragmentos (32,7%) e filamentos (29,2%). Quando comparado com os resultados obtidos nos Recifes do Seixas, observa-se um aumento considerável no número de fragmentos (74%) e diminuição das fibras (3,2%), mantendo o resultado da quantidade de filamento aproximado ao obtido anteriormente (22,1%) (Gráfico 2). Essa diferença provavelmente está associada a granulometria do sedimento (APÊNDICE B), onde é possível observar no estuário uma sedimentação mais fina representada por siltes e areias finas, os quais propiciam maior acúmulo de filamentos e fibras e também ao

fato dessas partículas serem mais leves, semelhantes a partículas de argila e silte, como relatado por Gregory (2009). Outros fatores como fontes de contaminação por esgotos domésticos, resíduos fibrosos de artes de pesca, aquicultura e também por serem transportadas com facilidade pelos ventos colaboram para a abundância de fibras e filamentos principalmente no Estuário.

Já nos Recifes dos Seixas, a menor quantidade das fibras e dos filamentos se deve porque esses formatos podem permanecer em suspensão em sistemas aquáticos com maior influência das correntes, enquanto que em sistemas de água parada possuem uma predisposição a imergir (Cable *et al.*, 2017). Além disso, as piscinas naturais são constituídas por granulometria mais grossa (areia grossa a cascalho) que acumulam mais facilmente microplásticos no formato de fragmento (APÊNDICE C). Resultados semelhantes foram obtidos por Alomar (2016), onde encontrou mais fragmentos (60%) no sítio S1 Santa Maria-Espanha, região caracterizada por partículas de areia muito grossas a médias (diâmetro entre 2 mm e 0,25 mm), enquanto que a quantidade de filamentos foi maior no sítio A1 em Andratx – Espanha, região que apresentou uma grande proporção de partículas médias a muito finas de areia (66,70%; diâmetro menor que 0,5 mm).

Gráfico 2. Representação da distribuição percentual dos diferentes formatos de microplásticos encontrados nas duas áreas estudadas.

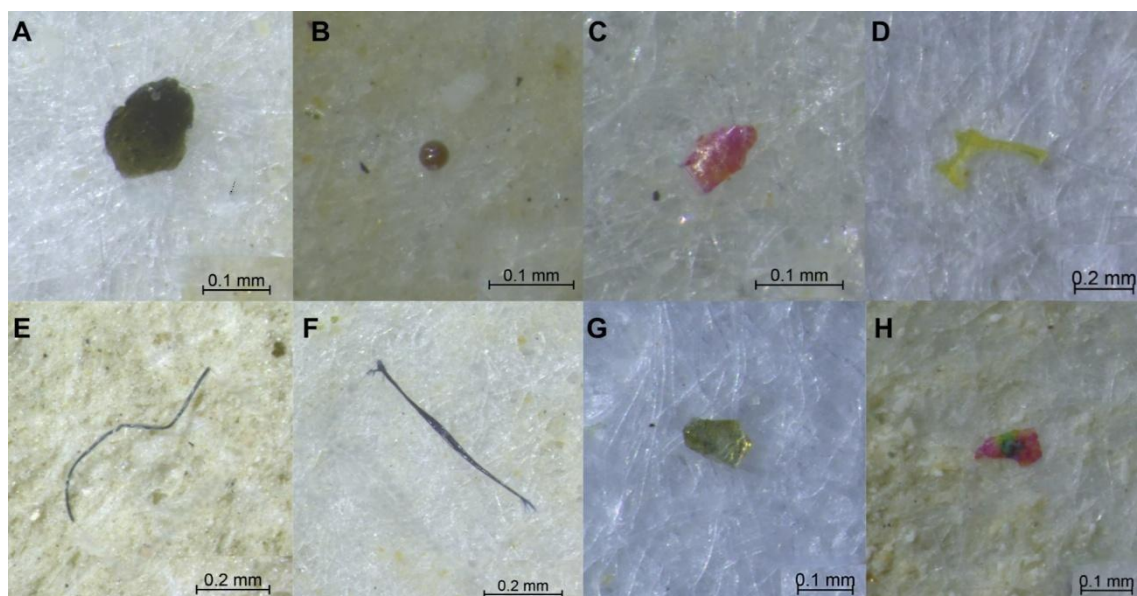


Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A abundância de fragmentos tanto no Estuário quanto nas Piscinas Naturais é resultado da fragmentação e lixiviação de macro e meso plásticos, como embalagens de alimentos, bebidas instantâneas e outros tipos de resíduos que são descartados de forma indevida no ambiente, sendo um formato muito predominante em praias com maiores atividades turísticas e recreativas (Oliveira, A. S., *et al.* 2023).

A disponibilidade de microplásticos com esses formatos nesses ambientes, pode causar o aumento da interação com os organismos presentes. De acordo com Goldstein e Goodwin (2013), 33,5% dos indivíduos de cracas das espécies *Lepas anatifera* e *L. pacifica*, originárias do Pacífico Norte, ingeriram plástico sendo que sua maioria eram fragmentos degradados enquanto que Dos Anjos Guimarães, *et al.* (2023) registraram o formato fibra (85%) como o mais abundante no trato intestinal do camarão amazônico *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), essas interações mostram que determinados formatos de microplásticos podem ser mais ou menos atrativos para animais que se alimentam de micropartículas, como detritos e organismos bentônicos (Silva-cavalcanti, 2017).

Figura 9. Exemplares de microplásticos encontrados nas amostras, onde: (A) fragmento preto (Seixas-63µm); (B) pellet marrom (Seixas-850µm); (C) fragmento vermelho (Seixas- 850µm);(D) fragmento amarelo (Seixas-850µm); (E) filamento azul (Estuário-63µm); (F) fibra azul (Seixas- 850µm); (G)fragmento dourado (Estuário- 63µm); (H) fragmento multicolorido (Seixas-63µm);



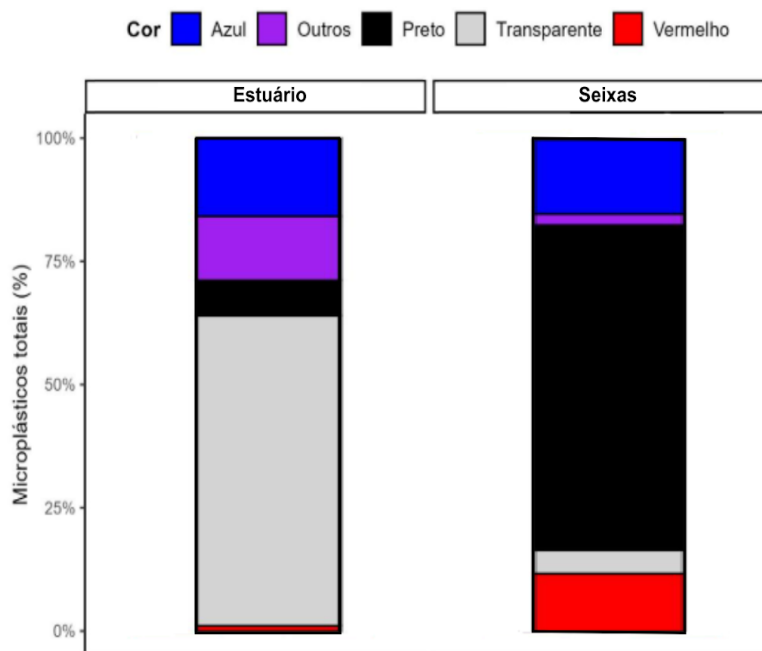
Fonte: Acervo Pessoal (2025)

4.3 Coloração

Nas amostras do Estuário do Rio Paraíba, foram encontrados microplásticos com as cores transparente (40%), outras como prata, verde, marrom, amarelo e laranja (19%), preta (14%), azul (10%) e vermelho (1%), enquanto que nas Piscinas Naturais do Seixas foram encontradas colorações preta (67%), azul (15%) e vermelha (11%) (Gráfico 3). A presença marcante de microplásticos com essas colorações encontradas neste trabalho, estão de acordo com os dados obtidos por Zoveidadianpour, *et al* (2025), que encontraram microplásticos com as cores preta, transparente, azul, branco e vermelho nos estuários da Colúmbia Britânica.

Devido às limitações metodológicas, não foi possível encontrar uma justificativa para explicar a diferença da abundância de partículas das cores pretas nos Recifes do Seixas e transparente no Estuário, além disso ainda não há trabalhos que correlacionam as cores dos MP's com o ambiente deposicional. Porém estudos relatam que a abundância de microplásticos com cores mais escuras ou coloridas tem uma maior chance de serem ingeridos por diversos tipos de organismos, como por exemplo, peixes e aves marinhas (Lavers e Bond, 2016; Silva-Cavalcanti, *et al.* 2017)

Gráfico 3. Distribuição percentual de microplásticos de diferentes cores em dois locais, Seixas e Estuário.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A coloração é uma característica importante pois ela está relacionada com a durabilidade deste material. O processo de degradação dos plásticos pode liberar aditivos corantes utilizados como fotoestabilizadores, catalisadores e solventes, adicionados para obter características específicas de cada tipo de polímero (Van Cauwenberghe, L. *et al.* 2015). De acordo com um estudo realizado por Key, *et al* (2024), tampas de garrafas plásticas feitas de polipropileno (PP) foram utilizadas para testar os efeitos de aditivos corantes no processo de degradação. Os resultados mostraram que as tampas pretas apresentaram os menores níveis de degradação, pois essa cor absorve todos os comprimentos de onda da luz visível e alguns comprimentos de onda UV, assim como as tampas das cores branca e prata que também foram pouco degradadas por refletirem a radiação em todo o espectro eletromagnético, incluindo a faixa dentro do UV, responsável pela degradação dos polímeros, enquanto que as tampas com os corantes azul, verde e vermelho foram mais degradadas, pois oferecem uma menor proteção contra a radiação UV (Liu e Hor rocks, 2002). Esses dados corroboram com os resultados obtidos no presente estudo, onde a maior quantidade de microplásticos com as cores preta e

transparentes pode estar relacionada com o processo mais lento de degradação, comparando com os MP's das cores azuis e vermelhas.

Apesar de não ter sido realizada uma análise polimérica, é possível correlacionar as colorações com os tipos de polímeros mais utilizados, os trabalhos realizados por Angelin *et al.* (2021), Kerr (2006) e Echegaray *et al.*, (2023) abordam a tese de que os pigmentos preto (carbono), prata (alumínio), branco (dióxidos de titânio), azul (antraquinona), verde (ftalocianina) e vermelho normalmente são usados em poliolefinas, presentes em produtos plásticos de polipropileno (PP), polietileno de baixa densidade (LDPE) e polietileno de alta densidade (PEHD); utilizados em embalagens, recipientes, tampas de garrafas, carpetes, equipamento de laboratório, canudos, revestimento de piso e sacolas plásticas (da Costa *et al.*, 2017; Gonçalves, 2023).

Essas características mostram que da mesma forma que a degradação lenta de um polímero pode ser prejudicial, a fragmentação rápida dessas partículas se torna igualmente problemática, trazendo o questionamento sobre quais condições são as mais ideais para utilizar polímeros mais resistentes e/ou menos resistentes a fotodegradação e a abrasão mecânica, para diminuir os impactos da liberação de compostos inorgânicos e orgânicos no ambiente (Key, *et al.*; 2024).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Estuário do Rio Paraíba e os Recifes do Seixas podem ser considerados como regiões poluídas por microplásticos. Apesar de não ter apresentado diferença significativa entre as quantidades de microplásticos nestes ambientes, é possível observar variações na distribuição dos microplásticos entre as estações devido a geomorfologia das áreas estudadas e das fontes de contaminação.

Em relação a caracterização dos microplásticos, é possível observar que a maioria dos formatos foram fragmentos, fibras e filamentos, com a abundância das cores preta, transparente, azul e outras. A granulometria influenciou na diferença dos formatos entre as áreas de estudo, onde o sedimento do estuário é mais fino, sendo mais propício para o acúmulo de fibras e filamentos, enquanto que o das piscinas naturais, o sedimento é constituído por areias mais grossas, acumulando mais fragmentos. É possível perceber uma diferença na coloração dos microplásticos entre as áreas estudadas, porém não foi possível explicar a correlação desta característica com o ambiente deposicional, sendo necessário mais trabalhos sobre o tema.

O presente trabalho foi pioneiro na avaliação da presença de microplásticos em ambientes deposicionais na região marinha e litorânea da Paraíba, onde os dados obtidos podem contribuir para ações de conservação e mitigação dos impactos dos microplásticos nestes ambientes, colaborando assim para o cumprimento da Agenda 30 e da Década da Ciência Oceânica.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. E.N.; FIGUEIREDO, G.M. Microplastic in the sediments of a highly eutrophic tropical estuary, **Marine Pollution Bulletin**, Volume 146,2019, Pages 326-335, ISSN 0025-326X. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.042>.
- ALVES, Vivianne Evelyn do Nascimento. **Microplásticos na Baía de Guanabara, RJ : acumulação nos sedimentos e ingestão pela corvina, Micropogonias furnieri (Desmarest, 1823)**. 93 f. Dissertação(Mestrado em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros)-Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.
- ANDRADY, A.L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.
- ANDRADY, A.L; Neal, M.A. Aplicações e benefícios sociais dos plásticos. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 364:1977-1984, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2008.0304> .
- ANGELIN, E. M.; FRANÇA DE SÁ, S.; PICOLLO, M.; NEVIN, A.; CALLAPEZ, M. E.; MELO, M. J. The identification of synthetic organic red pigments in historical plastics: Developing an in situ analytical protocol based on Raman microscopy. **Journal of Raman Spectroscopy**, 52(1), 145–158. 2020. Disponível em: doi:10.1002/jrs.5985
- BARNES, D.K.A; *et al.* Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1985-1998, 2009.
- BARRETT, J.; *et al.* Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments From the Great Australian Bight. **Frontiers in Marine Science**, 2020. Disponível em: [Frontiers | Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments From the Great Australian Bight \(frontiersin.org\)](https://frontiersin.org)
- BARRETT, J; CHASE, Z; ZHANG, J; HOLL, MMB; WILLIS, K.; WILLIAMS, A.; HARDESTY, BD; WILCOX, C.; Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments From the Great Australian Bight. **Frontiers in Marine Science**, 2020. Disponível em: [Frontiers | Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments From the Great Australian Bight \(frontiersin.org\)](https://frontiersin.org). Acesso em: 3 de junho de 2024.
- BARROS, Y. N. **Microplástico em ambientes recifais da costa do Ceará, Nordeste brasileiro** 66 f. Dissertação(Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais - Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

BHASKAR, T.; UDDIN, M. A.; MURAI, K.; KANEKO, J.; HAMANO, K.; KUSABA, T.; SAKATA, Y. Comparison of thermal degradation products from real municipal waste plastic and model mixed plastics. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 70(2), 579–587, 2003. Disponível em: doi:10.1016/s0165-2370(03)00027-5

BIAN, Weijie et al. Microplastic pollution in tropical coral reef ecosystems from the coastal South China Sea and their impacts on corals in situ. **Journal of Hazardous Materials**, v. 480, p. 135898, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135898>

BRITO, C. D. A. **Microplásticos na plataforma continental do Ceará: desembocaduras dos rios Cocó e Ceará**. 42 f. TCC- Trabalho de Conclusão de Curso- (Graduação em Oceanografia) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: 2018_tcc_cdabrito.pdf (ufc.br). Acesso em: 08 de agosto de 2023.

BROWNE, Mark Anthony et al. Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity. **Current biology**, v. 23, n. 23, p. 2388-2392, 2013.

CAUWENBERGHE, L. V.; DEVRIESE, L.; GALGANI, F.; ROBBENS, J.; JANSSEN, C. R. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects, **Marine Environmental Research**, Volume 111, 2015, Pages 5-17, ISSN 0141-1136. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007>. Acesso em: 01 de abril de 2025

CHRISTOFOLETTI, R. A. et al. A década da ciência oceânica para o desenvolvimento sustentável. E eu com isso?. **Ciência e Cultura**, v. 73, p. 28-35, 2021.

CIMA, F.; BALLARIN, L.B. A proposed integrated bioindex for the macrofouling biocoenosis of hard substrata in the lagoon of Venice. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Volume 130, 2013, Pages 190-201, ISSN 0272-7714. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.03.016>

CIMA, F.; BALLARIN, L.. A proposed integrated bioindex for the macrofouling biocoenosis of hard substrata in the lagoon of Venice. **BOOK OF ABSTRACTS**. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, 2009. p. 42-42

CORDOVA, M.R.; HADI, T. A.; PRAYUDHA, Bayu. Occurrence and abundance of microplastics in coral reef sediment: a case study in Sekotong, Lombok-Indonesia. **AES Bioflux**, v. 10, n.1,p.23-29,2018. Disponível em: Microsoft Word - intro.9.3. Acesso em: 10 de abril

CORDOVA, Muhammad Reza; ULUMUDDIN, Yaya Ihya; LUBIS, Ali Arman; KAISUPY, Muhammad Taufik; et. al. Microplastics leaving a trace in mangrove

sediments ever since they were first manufactured: A study from Indonesia mangroves. **Marine Pollution Bulletin**, Volume 195, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115517>. Acesso em: 3 de junho de 2024.

COSTA, A.C. **Síntese e estudo de um polímero de impressão molecular (Molecularly Imprinted Polymer, MIP) usando bisfenol A como molécula molde para aplicação em extração em fase sólida (Molecularly Imprinted Solid Phase Extraction, MISPE)**. 2017. 134 f. Dissertação (Mestrado em Multicêntrico em Química de Minas Gerais) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.

CRBIO_05, 2022. Bióloga Karina Massei desenvolve projeto de restauração ecológica de corais na Praia do Seixas/PB– Publicado: 20 abr 2022. Disponível em: <https://www.crbio05.gov.br/site/noticias-detalle/biologa-karina-massei-desenvolve-projeto-de-restauracao-ecologica-de-corais-na-praia-do-seixas-pb/4678>. Acesso em: 23 out. 2023.

CRUZ, P.S. et al. FONTES DE POLUIÇÃO HÍDRICA NA BACIA DO RIO CABELO, JOÃO PESSOA-PB.

CUNNINGHAM, E. M.; EHLERS, S. M.; DICK, J. T. A. et. al; High Abundances of Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments: Evidence from Antarctica and the Southern Ocean. **Environmental Science & Technology**, 2020. Disponível em: High Abundances of Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments: Evidence from Antarctica and the Southern Ocean | Environmental Science & Technology (acs.org). Acesso em: 3 de junho de 2024.

Danlian Huang, Xinya Wang, Lingshi Yin, Sha Chen, Jiaxi Tao, Wei Zhou, Haojie Chen, Gaoxia Zhang, Ruihao Xiao. Research progress of microplastics in soil-plant system: Ecological effects and potential risks, **Science of The Total Environment**, Volume 812, 2022,151487, ISSN 0048-9697. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151487>. Acesso em: 14 de abril de 2025

DE OLIVEIRA, J. C. M. et al. Presence of microplastics in shipwrecks along the continental shelf of the state of Pernambuco – Brazil, **International Journal of Environmental Studies**, 81(5), pp. 2117–2129, 2023. Disponível em: doi: 10.1080/00207233.2023.2209470.

DODSON, G.Z.; SHOTORBAN, A. K.; HATCHER, Patrick G., WAGGONER, Derek C.; GHOSAL, Sutapa; NOFFKE, Nora; Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA. **Marine Pollution Bulletin**, Volume 151, February 2020, 110869. Disponível em: Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA - ScienceDirect Acesso em: 02 de fevereiro de 2024.

DOS SANTOS, E. A.; EL-DEIR, A. C. A.; CAVALCANTI, J. S. S. Microplastics vs. ichthyoplankton: effects of this interaction in controlled and estuarine environments:

Microplásticos vs. ichthyoplankton: efeitos desta interação em ambientes controlados e estuarinos. **Studies in Environmental and Animal Sciences**, v. 3, n. 1, p. 84–102, 15 mar. 2022. Acesso em: 17 de agosto de 2023.

DUTRA, Karina A. A.; MAIA, R.C.. Caracterização dos microplásticos encontrados na zona entremarés do parque nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 55, n.2, p. 154-159, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.32360/acmar.v55i2.77950>. Acesso em: 17 abr. 2023.

EYASANTA, K. I.; et al. Occurrence and characteristics of microplastics in the coral reef, sea grass and near shore habitats of Rameswaram Island, India. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111674, 2020.

FIQUEIREDO, Jéssica de Macêdo. **Distribuição temporal da concentração de microplásticos na região marítima do Brasil**. 47 fl. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Ciências Ambientais em Áreas Costeiras) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Arraial do Cabo, 2023.

GONÇALVES, A.C.S.. **Ocorrência de microplásticos em zonas intermareais e sua relação com variáveis ambientais**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa (Portugal). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/23082>.

GONÇALVES, J. M.; et al. Polystyrene nanoplastics in the marine mussel *Mytilus galloprovincialis*. **Environmental Pollution**, v. 333, p. 122104, 2023.

GREGORY, M.R. Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. **Philosophical transactions of the royal society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2013-2025, 2009.

GUEDES, L. S. (2002). **Monitoramento geoambiental do estuário do rio Paraíba do norte-PB por meio da cartografia temática digital e de produtos de sensoriamento remoto**. Master's thesis, Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/18745> University Federal do Rio Grande do Norte]. Campus Repository.

HE, B.; WIJESIRI, B.; AYOKO, G.; EGODAWATTA, P.; RINTOUL, L.; GOONETILLEKE, A. Influential factors on microplastics occurrence in river sediments. **Science of the Total Environment**, v. 738, 2020.

JAOUANI, R.; et al. Seasonal and spatial distribution of microplastics in sediments by FTIR imaging throughout a continuum lake-lagoon-beach from the Tunisian coast. **Science of the Total Environment**, v. 838, p. 156519, 2022.

KALIL, S. A.. **Caracterização preliminar de poluição por microplásticos em areias de ambientes costeiros de Saquarema, RJ**. 2024. Disponível em:

Pantheon: Caracterização preliminar de poluição por microplásticos em areias de ambientes costeiros de Saquarema, RJ

KHATMULLINA, L.; ISACHENKO, I.. Settling velocity of microplastic particles of regular shapes, **Marine Pollution Bulletin**, Volume 114, Issue 2, 2017, Pages 871-880, ISSN 0025-326X,. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.024>. Acesso: 14 de fevereiro de 2025.

Lavers, JL, Bond, AL, 2016. Selectivity of flesh-footed shearwaters for plastic colour: Evidence for differential provisioning in adults and fledglings. **Mar. Environ. Res.** 113, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.011>.

LI, Yaxin et al. Microplastics distribution in different habitats of Ximen Island and the trapping effect of blue carbon habitats on microplastics. **Marine Pollution Bulletin**, v. 181, p. 113912, 2022. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113912>. Acesso em: 07 de abril de 2025.

LIM, K. P.; et al. Abundance of microplastics and its ecological risk assessment in coral reef regions of Peninsular Malaysia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 209, p. 117112, 2024.

LIMA, L. V. S.; et al.. Variação sazonal das partículas de microplásticos no sedimento de quatro praias urbanas no estado da Paraíba, Brasil. **Anais IV CONAPESC**. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Acesso em: 06 de agosto de 2023.

Lin Zhu; Huaiyu Bai; Bijuan Chen; Xuemei Sun; Keming Qu; Bin Xia; Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: Observations on occurrence, distribution and identification. **Science of The Total Environment**, Volume 636, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718313585>. Acesso em: 3 de junho de 2024.

LUCENA, E. M. L.. **O papel da Gestão Pública municipal diante da poluição causada pelo plástico nas praias da cidade de João Pessoa/PB**. Universidade Federal da Paraíba, 2022. Disponível em: [EMLL31072023.pdf](#). Acesso em: 15 de março de 2025

MAFFESSIONI, D.. **Análise quali-quantitativa de Microplástico no sedimento arenoso de praias no litoral norte do Rio Grande do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Imbé, 2018. Disponível em: Avaliação quanti-qualitativa sobre a presença de microplástico no sedimento arenoso nas praias de Imbé e Tramandaí - Rio Grande do Sul, Brasil (uergs.edu.br). Acesso em: 06 de agosto de 2023.

MAYNARD, Isabella Ferreira Nascimento et al. Analysis of the occurrence of microplastics in beach sand on the Brazilian coast. **Science of the Total**

Environment, v. 771, p. 144777, 2021. Disponível em: Analysis of the occurrence of microplastics in beach sand on the Brazilian coast - ScienceDirect. Acesso em: 06 de agosto de 2023.

MCDERMID, KJ; MCMULLEN, TL. Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian Archipelago. **Marine Pollution Bulletin**. 2004 Apr;48(7-8):790-794. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2003.10.017. PMID: 15041436. Acesso em: 27 de novembro de 2023.

MENEZES, K.M.. **Avaliação temporal e espacial da contaminação por microplásticos no manguezal dos rios Piraquê-açu e Piraquê Mirim, Aracruz (Brasil): uma análise em sedimento, água e biota**. 2024. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Disponível em: Avaliação temporal e espacial da contaminação por microplásticos no manguezal dos rios Piraquê-açu e Piraquê Mirim, Aracruz (Brasil) : uma análise em sedimento, água e biota.

PAGTER, E., FRIAS, J., NASH, R. Microplastics in Galway Bay: A comparison of sampling and separation methods. **Marine Pollution Bulletin**. 2018 Oct;135:932-940. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.08.013. Epub 2018 Aug 16. PMID: 30301118. Acesso em: 05 de outubro de 2023.

PAN, Z.; LIU, Q.; JIANG, R.; LI, W.; SUN, X.; LIN, H.; JIANG, S.; HUANG, H.. Microplastic pollution and ecological risk assessment in an estuarine environment: The Dongshan Bay of China. **Chemosphere**, v.262, n.127876, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127876>

PAPPIS, T.; KAPUSTA, S.C.; OJEDA, T.. Metodologia de extração de microplásticos associados a sedimentos de ambientes de água doce. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, p. 749-756, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200143>. Acesso em: 05 de outubro de 2023.

PRATA, J.C.. Airborne microplastics: consequences to human health?. **Environmental pollution**, v. 234, p. 115-126, 2018. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29172041/?from_single_result=Prata%2C+J.+C.+Airborne+microplastics%3A+Consequences+to+human+health%3F+Environmental+Pollution+2018%2C+234%2C+115. Acesso: 3 de junho de 2024

RAKIB, Md Refat Jahan et al. Spatial distribution and risk assessments due to the microplastics pollution in sediments of Karnaphuli River Estuary, Bangladesh. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 8581, 2022.

RODRIGUES, S. M.; ALMEIDA, C. M. R.; SILVA, D.; CUNHA, J.; ANTUNES, C.; FREITAS, V.; RAMOS, S. (2018). Microplastic contamination in an urban estuary: Abundance and distribution of microplastics and fish larvae in the Douro estuary. **Science of The Total Environment**. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.12.273

Rui-ping Liu, Ying Dong, Guo-cang Quan, Hua Zhu, You-ning Xu, Rafaey M Elwardany. Microplastic pollution in surface water and sediments of Qinghai-Tibet Plateau: Current status and causes. **ChinaGeology**, Volume 4, Issue 1, 2021, Pages 178-184. Disponível em: <https://doi.org/10.31035/cg2021011>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2024.

SANTOS, E.A.. **Caracterização dos resíduos plásticos em águas superficiais de um estuário antropizado**. 77 f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ecologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2021.

SANTOS, E. A.; EL-DEIR, A. C. A.; SANTOS, F.A.; SILVA, J. B. A; CAVALCANTI, J.S.S. Microplásticos versus ictioplâncton: quem é mais abundante em um estuário urbano?. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 13, n. 10, p. 70–83, 2023. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.010.0008. Disponível em: <https://www.sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/7781>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SANTOS, F.L.B., TORRES, M.C., Alves, S.J.S., BEZERRA, M.M.C., 2020. Avaliação Quali Quantitativa de microplásticos em sedimentos e na coluna D'água no balneário Canto das Águas –Glória/BA e balneário da Prainha –Paulo Afonso/BA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, 6(2), 8439-845.

SCHNEIDER, I.; MAFFESSIONI, D.. Quantificação de microplásticos em praias antropizadas e pouco antropizadas no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. **Arquivo de Ciências do Mar**. Fortaleza, v. 54, n.1, p.89-105, 2021.

Shiye Zhao, Lixin Zhu, Daoji Li. Microplastic in three urban estuaries, China. **Environmental Pollution**, Volume 206, 2015, Pages 597-604, ISSN 0269-7491. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.08.027>. Acesso em: 07 de abril de 2025.

SILVA, M. C. **Ocorrência e distribuição de microplásticos no Arquipélago de Abrolhos**. 2019. 28 . Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: DSpace da UFRPE: Ocorrência e distribuição de microplásticos no Arquipélago de Abrolhos. Acesso em: 17 de agosto de 2023.

SILVA, P. P. G.. **Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha costeira**. Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, 2017.

SILVA-CAVALCANTI, J.S; et al. Microplastic pollution in sediments of tropical shallow lakes. **Science of the Total Environment**, v. 855, p. 158671, 2023.

SILVA-CAVALCANTI, J. S; et al. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. **Environmental pollution**, v. 221, p. 218-226, 2017.. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068>.

SOUZA, G. R.; SILVA, N. M.; OLIVEIRA, D. P. Distribuição longitudinal, vertical e temporal de microplásticos no Igarapé do Mindu em Manaus, Amazonas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, p. e20220234, 2023.

STEVENS, P.O.. **Dinâmica da paisagem no geossistema do estuário do Rio Paraíba - extremo oriental das Américas: estimativas de perdas de habitat e cenários de recuperação da biodiversidade**. 2014. 126 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, 1973.

TORRES, Kamila Maier Santos et al. Do lixo ao luxo: o Instagram como ferramenta de Educação Ambiental sobre a poluição de resíduos sólidos em regiões praianas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, n. 5, p. 85-98, 2022.

TURRA, A., Manzano, A., DIAS, R. et al. Three-dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches: shifting paradigms. **Sci Rep** **4**, 4435 (2014). <https://doi.org/10.1038/srep04435>. Acesso em: 3 de junho de 2024

VAN MELKEBEKE, Michiel; JANSSEN, Colin; DE MEESTER, Steven. Characteristics and sinking behavior of typical microplastics including the potential effect of biofouling: implications for remediation. **Environmental science & technology**, v. 54, n. 14, p. 8668-8680, 2020.

TIRPITZ, V.; et al. Increasing microplastic concentrations have nonlinear impacts on the physiology of reef-building corals. **Science of the Total Environment**, v. 960, p. 178318, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178318>.

WALDSCHLÄGER, K.; SCHÜTTRUMPF, H.. Effects of particle properties on the settling and rise velocities of microplastics in freshwater under laboratory conditions. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 4, p. 1958-1966, 2019.

ZHANG, H., et al. Distribution characteristics and transport pathways of soil microplastics in coral reef islands with different developmental stages and human activities. **Marine Pollution Bulletin**, v. 215, p. 117848, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117848>

ZHANG, Kai et al. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. **Environmental Pollution**, v. 274, p. 116554, 2021.. doi:10.1016/j.envpol.2021.116554

ZHAO, Xiaoli et al. Occurrence and distribution of microplastics in surface sediments of a typical river with a highly eroded catchment, a case of the Yan River, a tributary of the Yellow River. **Science of the Total Environment**, v. 863, p. 160932, 2023.

ZOVEIDADIANPOUR, Zeinab et al. Microplastic distribution and composition in mudflat sediments and varnish clams (*Nuttallia obscurata*) at two estuaries of British Columbia, Canada: An assessment of potential anthropogenic sources. *Marine Pollution Bulletin*, v. 211, p. 117367, 2025.

APÊNDICE A – TESTE DE DUNN PARA A INTERAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE AMBIENTE E OS FORMATOS DE MICROPLÁSTICO

Quadro 1. Resultados do Teste Dunn para a interação entre as áreas estudadas e os formatos de microplásticos.

Interação entre o local e o formato de microplástico	Valor de referência: p.adj<0.05p
Feixe de fibra no Estuário x Filamento no Estuário	p=0.00019
Feixe de fibra no Estuário x Fragmento no Estuário	p=0.003
Fibra no Estuário x Fragmento no Estuário	p=0.030
Feixe de fibra no Estuário x Feixe de fibra em Seixas	p=0.528
Fibra no Estuário x Feixe de fibra em Seixas	p<0.001
Feixe de fibra no Estuário x Filamento em Seixas	p<0.001
Feixe de fibra no Estuário x Fragmento em Seixas	p<0.001
Fibra no Estuário x Fibra em Seixas (p<0.001)	p<0.001)
Fibra em Seixas x Feixe de fibra em Seixas	p=0.0977
Feixe de fibra em Seixas x Fragmento em Seixas	p<0.001

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

APÊNDICE B - VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS ANALISADAS NAS ESTAÇÕES DO ESTUÁRIO DO RIO PARAÍBA

Quadro 2. Correlação dos valores das variáveis ambientais com a quantidade de microplásticos das estações do Estuário do Rio Paraíba.

Estação	Amostras	Temperatura	pH	Salinidade	Oxigênio Dissolvido	Granulometria	Total de MP's
A1	A	30,45°C	7.54	4.91	6.4	Areia fina	165
	B	30,45°C	7.54	4.91	6.4	Areia fina	165
	C	30,45°C	7.54	4.91	6.4	Areia fina	165
A2	A	30,81°C	7,23	4,91	2.5	Areia fina	298
	B	31,27°C	7,22	5,14	10.2	Areia fina	152
	C	33.04°C	7,73	5,94	33.6	Areia fina	78
A3	A	33,91°C	7,89	5,94	49.1	Areia média	189
	B	32,9°C	7,7	5,91	54.4	Areia média	109
	C	31,6°C	7,71	7	50	Areia média	169
A4	A	31,12°C	7,87	6,71	61.6	Areia média	97
	B	31,16°C	7,88	4,3	75.1	Areia média	97
	C	30,91°C	7,93	6,72	72.3	Areia média	209
A5	A	31,09°C	7,98	6,96	70.1	Areia fina	152
	B	31,13°C	8	7	73.5	Areia fina	81
	C	31,68°C	7,97	7	79.1	Areia fina	77

A6	A	31,85°C	8	7	81.5	Areia muito fina	59
	B	32,12°C	8,9	7	69.12	Areia muito fina	52
	C	31,45°C	8,1	7	68.7	Areia muito fina	50

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

APÊNDICE C - VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS ANALISADAS NAS ESTAÇÕES DOS RECIFES DOS SEIXAS.

Quadro 1. Correlação dos valores das variáveis ambientais com a quantidade de microplásticos das estações das Piscinas Naturais dos Seixas.

Estação	Amostras	Temperatura °C	pH	Salinidade	Oxigênio Dissolvido	Granulometria	Total de MP's
A1	A	31,6	8,4	7	50	Areia média	269
	B	31,6	8,4	7	50	Areia muito grossa	141
	C	31,6°	8,4	7	50	Areia média	113
A2	A	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	65
	B	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	93
	C	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	134
A3	A	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	129
	B	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	133
	C	31,6°	8,4	7	50	Areia muito grossa	149
A4	A	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	119
	B	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	136
	C	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	161
A5	A	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	126
	B	31,6°	8,4	7	50	Areia grossa	50
	C	31,6°	8,4	7	50	Areia muito grossa	87

Fonte: Elaborada pela autora (2025)