



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

INGRID FARIAS CARDOZO

DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DE MICROPLÁSTICOS NOS SEDIMENTOS NA
PRAIA DO CAÇA E PESCA, FORTALEZA-CE

FORTALEZA

2025

INGRID FARIAS CARDOZO

DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DE MICROPLÁSTICOS NOS SEDIMENTOS NA PRAIA
DO CAÇA E PESCA, FORTALEZA-CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharela em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa.

FORTALEZA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C269d Cardozo, Ingrid Farias.
DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DE MICROPLÁSTICOS NOS SEDIMENTOS NA PRAIA DO CAÇA E
PESCA, FORTALEZA-CE / Ingrid Farias Cardozo. – 2025.
46 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do
Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa.

1. Praias arenosas. 2. Lixo marinho. 3. Poluição plástica. I. Título.

CDD 333.7

INGRID FARIAS CARDOZO

DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DE MICROPLÁSTICOS NOS SEDIMENTOS NA PRAIA
DO CAÇA E PESCA, FORTALEZA-CE.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Ambientais
do Instituto de Ciências do Mar da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do grau de Bacharela em
Ciências Ambientais.

Aprovada em: 13/03/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Lúcio Davi Moraes Brabo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Yasmin Nascimento de Barros
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar e proteger meu caminho.

Aos meus pais, Ivanda e Roberto, por serem minha base, minha segurança e por todos os incentivos aos estudos.

A Leticia, Bianca e Jordana, pela amizade e companheirismo de longa data, e por todo o apoio, estaremos sempre juntas.

A Karina, pelos momentos de escuta e auxílio.

A todos as amigas que construí, que foram suporte essencial na jornada da graduação. Em especial Carmélia, Marina e Suyan, que foram companhias no cotidiano.

Aos professores do Instituto de Ciências do Mar, por ministrarem aulas fundamentais para o enriquecimento do conhecimento.

Aos funcionários e terceirizados do LABOMAR, em especial Nathália e Dona Célia, por sempre ajudarem e pelas conversas do dia a dia.

Ao Prof. Dr. Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa, pela excelente orientação e disponibilidade.

Aos participantes da banca examinadora, Lúcio Davi Moraes Brabo e Yasmin Nascimento de Barros pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao Laboratório CoastLab e à toda a equipe que colaborou na organização dos campos, nos dias de campo, coleta de sedimentos e demais contribuições. A contribuição de vocês foi significativa para a realização do presente estudo e trabalho.

Ao Laboratório de Contaminantes Orgânicos (LACOR) pela disponibilidade do espaço para a realização da análise laboratorial. Em especial à Técnica Viviane e ao Professor Rivelino, que ofereceram o suporte, contribuindo para uma boa parte da concretização do trabalho.

Ao Laboratório de Plâncton do LABOMAR/UFC, que contribuiu grandemente, disponibilizando o uso de equipamentos para a triagem dos MPs.

“Mas todo o crescimento e enriquecimento humano ocorreu às custas do encolhimento e empobrecimento do meio ambiente.” José Eustáquio Diniz Alves.

RESUMO

Os microplásticos (MPs) são contaminantes emergentes amplamente distribuídos nos ambientes aquáticos, representando um risco significativo à biodiversidade e à saúde humana. Este estudo investiga a distribuição sazonal de MPs nos sedimentos da Praia do Caça e Pesca, em Fortaleza-CE, uma área adjacente ao estuário do Rio Cocó. Foram realizadas coletas durante os períodos seco e chuvoso, com análise quali-quantitativa dos MPs extraídos por separação por densidade e identificados visualmente por estereoscopia. Os resultados indicaram uma maior concentração de MPs no período chuvoso, sugerindo influência dos índices pluviométricos na redistribuição dessas partículas. A maioria dos MPs suspeitos que foram encontrados, classificou-se como filamentos de coloração azul e transparente, associando-se possivelmente a fontes antropogênicas como atividades pesqueiras e efluentes urbanos. Para a concentração de filamento, obteve-se o resultado equivalente a 3600 itens/kg. Enquanto a concentração dos itens de cor azul representou 2,3 itens a cada 50 gramas, o que corresponde à 2300 itens por kg. O tamanho das partículas variou entre 0,1 mm e 5 mm, sendo as menores mais abundantes, o que pode intensificar sua dispersão e bioacumulação. A presença significativa de MPs nos sedimentos evidencia a vulnerabilidade das zonas costeiras à poluição plástica e reforça a necessidade de estratégias eficazes para a gestão de resíduos e proteção desses ecossistemas. Estudos futuros devem aprofundar a caracterização química dos MPs para identificar suas fontes e impactos potenciais.

Palavras-chave: Praias arenosas; Lixo marinho; Poluição plástica.

ABSTRACT

Microplastics (PMs) are emerging contaminants that are widely distributed in aquatic environments, posing a significant risk to biodiversity and human health. This study investigates the seasonal distribution of PMs in the sediments of Praia do Caça e Pesca, in Fortaleza-CE, an area adjacent to the estuary of the Cocó River. Collections were carried out during the dry and rainy periods, with qualitative and quantitative analysis of the PMs extracted by density separation and visually identified by stereoscopy. The results indicated a higher concentration of PMs in the rainy season, suggesting the influence of rainfall indices on the redistribution of these particles. Most of the suspicious PMs that were found were classified as blue and transparent filaments, possibly associated with anthropogenic sources such as fishing activities and urban effluents. For the filament concentration, the result equivalent to 3600 items/kg was obtained. While the concentration of blue items represented 2.3 items per 50 grams, which corresponds to 2300 items per kg. The size of the particles varied between 0.1 mm and 5 mm, with the smallest being more abundant, which may intensify their dispersion and bioaccumulation. The significant presence of PM in sediments highlights the vulnerability of coastal zones to plastic pollution and reinforces the need for effective strategies for waste management and protection of these ecosystems. Future studies should deepen the chemical characterization of the PMs to identify their sources and potential impacts.

Keywords: Sandy beaches; Marine litter; Plastic pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Praia do Caça e Pesca em Fortaleza, localizada à margem oeste do estuário da Sabiaguaba. O local apresenta a infraestrutura de barracas de praia e ocupação próxima.....	21
Figura 2	– A) Coleta das amostras de sedimento superficial. B) Utilizou-se um quadrante de cano PVC com dimensões de 25x25cm. As marmitas foram a campo com a etiqueta de rótulo, sendo preenchidas no momento da coleta da amostragem.....	23
Figura 3	– Representação espacial dos transectos e quadrantes. Os transectos são representados dentro dos 25m, com um distanciamento de 75m em cada. A linha de deixa da maré foi a margem utilizada para a coleta.	23
Figura 4	– SEM em funcionamento. 3 funis de separação dispostos no equipamento, com o sedimento ao fundo e o sobrenadante para a extração dos MPs.....	24
Figura 5	– Etapas do processo de separação por densidade utilizando o Sistema de Extração de Microplásticos. (A) pesagem; (B) transferência da massa amostral de sedimento para o funil de separação; (C) agitação no SEM; (D) filtragem do sobrenadante na malha de poliamida.....	26
Figura 6	– Análise da distribuição de microplásticos suspeitos encontrados nas amostras por formato, cor e período climático: Comparação entre estação chuvosa e seca.....	29
Figura 7	– Filamentos de microplásticos com diferentes tamanhos, cor e formato em sedimento superficial nos períodos de seca e cheia. (A) filamento azul bicolor; (B) filamento preto; (C) filamento curto laranja; (D) fragmento azul; (E) Filamento alongado azul; (F) Filamento pequeno vermelho	30
Figura 8	– Representação porcentual de cores diferentes dos MPs encontrados.....	32
Figura 9	– Microplásticos caracterizados como bicolor. Indicando o desgaste sofrida por intempéries ao decorrer do tempo	33
Figura 10	– Classificação de tamanho dos microplásticos por grupos de tamanho.....	34
Figura 11	– Presença de microplásticos nos diferentes pontos de coleta durante os períodos sazonais, destacando a concentração as partículas em cada transecto.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MP	Microplástico
SEM	Sistema de Extração de Microplástico
UV	Ultravioleta
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Poluição plástica nos ecossistemas costeiros e fluviais	15
3.2	Microplástico	15
3.3	Microplástico em sedimentos de praias arenosas	16
3.4	Características ambientais da área de estudo	17
3.4.1	Geologia e geomorfologia	17
3.4.2	Características oceanográficas	18
3.4.3	Precipitação	18
3.4.4	Processo de ocupação do litoral	19
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
4.1	Área de estudo	20
4.1.2	Praia do Caça e Pesca	20
4.2	Coleta	21
4.3	Processamento em laboratório	24
4.3.1	Sistema de Extração de Microplástico	24
4.3.2	Separação por densidade	25
4.3.3	Identificação e quantificação	26
4.3.4	Controle de contaminação	27
5	RESULTADOS	28
5.1	Dados pluviométricos	28
5.2	Composição	28
5.2.1	Forma	31
5.2.2	Cor	31
5.2.3	Tamanho	33
5.3	Distribuição	34
6	DISCUSSÕES	36
7	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

É evidente que desde o século XX, o plástico tem sido amplamente utilizado (Oliavatto *et al.*, 2018). Isso se deve, sobretudo, ao seu baixo custo de produção e suas características intrínsecas, como a alta taxa de produção, alta durabilidade mecânica e versatilidade, assim, vastas aplicabilidades em seu consumo, que vão desde embalagens de alimentos até aplicações médicas e tecnológicas (Dey *et al.*, 2020). Tais plásticos possuem o uso caracterizado por ser imediato e curto, e, portanto, sua grande maioria é de uso único (Hau, 2024). Como agravante, por possuir sua natureza sintética, os plásticos no geral, não são biodegradáveis (Zumstein *et al.*, 2019). Sendo responsáveis por uma degradação lenta e que quando dispostos no ambiente natural podem vir a pôr em risco e a perturbar diferentes espécies (Pegado *et al.*, 2024).

Os resíduos plásticos, sejam grandes ou pequenos, quando mal administrados são carregados por bacia hidrográficas em todo o seu curso (Meijer *et al.*, 2021). Esses são descarregados nos ecossistemas estuarinos, que por sua vez, são considerados como uma via favorável para imersão dos plásticos no ambiente marinho, sendo estimados que por ano aproximadamente 1 milhão de toneladas de plásticos são descarregados pelos rios no ambiente marinho e sofrem com diversos processos naturais, devido marés e ventos, que favorecem sua disposição no ambiente costeiro próximo (Biltcliff-Ward *et al.*, 2022). Desse modo, a poluição causada pelo plástico nos estuários representa inúmeros riscos à biodiversidade ali presente, bem como seus bens e serviços ecossistêmicos (Vermeiren *et al.*, 2023).

Mudanças climáticas, aumento da poluição e perda da biodiversidade são três graves e atuais problemas que enfrentamos no mundo atual e que constituem a, então, Tripla Crise Planetária (Almroth *et al.*, 2022). Os plásticos são considerados uma preocupação alarmante e compõem a crise da poluição, podendo ser liberados no ecossistema e representam riscos a inúmeros organismos e compartimentos ambientais, que tendem a ficar expostos aos produtos químicos associados liberados (Schimidt *et al.*, 2024).

As dinâmicas ambientais que têm ocorrência nesses ecossistemas, como as correntes oceânicas, radiação solar e abrasão levam os plásticos a passarem pelo processo de degradação lentamente, que aos se fragmentarem podem ficar em tamanhos tão reduzidos que denominamos de microplásticos (MP), definidos como pequenas partículas sólidas que variam de 1 μm a 5 mm (Frias e Nash, 2018).

Fica exposto, diante de revisões bibliográficas, a ocorrência de MP em diversas das matrizes ambientais, como sedimentos de praia, águas oceânicas e até mesmo na biota, o que

abrange toda a teia trófica e aumenta seus potenciais riscos, como o acúmulo de substâncias nocivas (Du *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2019). Em destaque às biotas marinhas, a qual compõe-se de uma vasta variedade de espécies, englobando microrganismos planetônicos, peixes, até grandes mamíferos aquáticos (Curty *et al.*, 2023).

A disposição do acúmulo no sedimento pode ser revelada em função da sua natureza dinâmica e amplitude vasta. Águas que percolam, e têm contato influente direto com os sedimentos arenosos das praias podem ser responsáveis por ocasionar a redistribuição destes, devido às ações de marés, ondas e correntes marinhas. Sendo assim, a zona de faixa praial e o sedimento pode atuar como um sistema de filtragem e captação dos microplásticos (Rodrigues *et al.*, 2024).

A concentração dos microplásticos propende a estar amplamente distribuída de acordo com os fatores como características locais e dinâmica da costa, sendo, portanto, sua presença onipresente tanto em regiões costeiras quanto nas águas costeiras, independente do formato das partículas ou da metodologia de amostragem empregada (Erni-Cassola *et al.*, 2019).

Diante do exposto, evidencia-se que se torna importante a análise de como as áreas adjacentes aos estuários, podem ser impactadas. Detectar como o sedimento arenoso da zona praial adjacente é suscetível a receber o depósito de microplásticos de forma sazonal revela-se relevante, sendo fundamental para o melhor entendimento sobre o seu comportamento.

Ademais, o trabalho busca, ainda, testar a hipótese de que há microplástico no sedimento arenoso da praia adjacente ao estuário e como sua presença varia com as sazonalidades. Pois, há indicações que partículas de plástico de tamanho muito pequeno estão presentes no ambiente marinho costeiro, misturadas ao sedimento das praias. Isso se deve, sobretudo, às fontes de microplásticos, que liberam partículas de plástico no ambiente, acabam nas águas costeiras e, possivelmente, são depositadas nos sedimentos das praias. E, também, devido a ação das ondas e correntes, que podem vir a contribuir para a mistura desses microplásticos com o sedimento arenoso das praias. Além disso, há de se considerar a persistência de tais partículas no ambiente, isto é, não se degradam facilmente. Portanto, podem se acumular por décadas, em destaque onde há menos movimento da água e maior deposição de sedimentos, como nas praias, área de estudo do trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Quantificar e classificar os microplásticos na Praia adjacente ao estuário do Rio Cocó com vistas a compreender sua dinâmica sazonal e distribuição espacial.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as diferenças nas concentrações de MPs nos períodos chuvoso e seco;
- Identificar os principais tipos e cores dos MPs no sedimento;
- Analisar os tamanhos dos microplásticos encontrados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Poluição plástica nos ecossistemas costeiros e fluviais

Estima-se que atualmente cerca de 1,15 e 2,41 milhões de toneladas de plásticos fluem do sistema fluvial global para os oceanos todos os anos e isso se deve, principalmente, à durabilidade dos resíduos plásticos, baixas taxas de reciclagem, má gestão e uso marítimo, incluindo atividades de aquicultura, transporte e pesca (Lebreton *et al.*, 2017). Ademais, as taxas de precipitação refletem-se na entrada do material plástico do rio nos oceanos (Meijer *et al.*, 2021).

Os fluxos fluviais de cidades extensas sofrem pressões antrópicas em todo o seu curso, sendo, portanto, responsável pelo transporte significativo de resíduos, principalmente plástico, e o Oceano o sumidouro final para tais detritos (Chau *et al.*, 2023). Os estuários, ambiente final das bacias hidrográficas, se caracterizam por serem ambientes que conectam os rios e mares, são considerados fontes-chave da poluição plástica (Trusler *et al.*, 2024).

As praias também se caracterizam como zonas de transição, caracterizadas como deposicionais que conectam terra emersa e água, e podem ser ambientes adjacentes às desembocaduras dos estuários, exercem um serviço ecossistêmico de filtragem de água devido aos gradientes hidráulicos resultantes das ondas. Assim, sugere-se que, a poluição das praias, pode ser refletida devido a poluição de águas adjacentes e áreas costeiras. O que indica, ainda, que possam existir diferenças espaciais na poluição devido ao lixo (Urban-Malinga *et al.*, 2020).

3.2 Microplásticos

Foi a partir da contaminação por MPs em 2004, que a questão da poluição plástica, com enfoque às sob essas pequenas partículas, surgiu e, assim, foram definidas como partículas menores que 5 mm de diâmetro (Xu *et al.*, 2019). Havendo uma atualização estreitando o tamanho, no qual uma nova categoria tem sido utilizada para partículas menores que 1 µm, os definidos nanoplásticos (Frias e Nash, 2017).

As partículas de microplásticos são consideradas complexas e diversas, principalmente, devido sua variação de características de tamanho, forma e densidade (Kooi e Koelmans, 2019). Os MPs podem ser classificados como microplásticos primários, isto é, que já saem de fábrica em seu tamanho reduzido e característico, como as partículas que são usadas na composição dos produtos de cuidados pessoais, a exemplo os esfoliantes. E os microplásticos secundários,

que acabam por decorrer por meio dos processos de intempéries e fragmentação dos detritos plásticos anteriores (Jaikumar *et al.*, 2025).

Os microplásticos apresentam características intrínsecas, como a baixa densidade, favorecendo sua dispersão pelo vento, estrutura polimérica, densidade, peso molecular e hidrofobicidade (Salehi *et al.*, 2024). Podendo sofrer o transporte por meio de vias como os efluentes de esgoto e as correntes oceânicas, o que facilita a sua distribuição no ambiente marinho (Dutra e Maia., 2022). Ademais, devido a composição química que compõe o plástico, os microplásticos e mesoplásticos apresentam-se por um conjunto de substâncias que são adsorvidos ao ambiente marinho, incluindo Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) e metais pesados, impactando a saúde humana e o ecossistema visto que podem ser transferidos ao longo da cadeia alimentar (Ambrose e Walker., 2023).

Estudos realizados nas últimas décadas, com enfoque à poluição marinha por plástico, destacam a presença desse contaminante emergente em ampla escala, incluindo bacias marítimas e oceânicas, nas regiões polares e em sedimentos da superfície e de profundidade do mar (Fagiano *et al.*, 2023; Li *et al.*, 2024; Jones-Williams *et al.*, 2025). Portanto, essas pequenas partículas plásticas representam uma forte ameaça à todos os compartimentos que estão presentes, e, principalmente, devido sua fácil bioacumulação na maioria dos organismos marinhos, sendo sua redução um grande desafio socioambiental (Azaaouaj *et al.*, 2024).

3.2 Microplásticos em sedimentos de praias arenosas

É relatado a presença de microplásticos em diversos dos compartimentos ambientais dos ecossistemas, incluindo sedimentos de praia, que são propícios a acumular quantidades consideráveis de microplásticos em razão da sua natureza dinâmica e amplitude espacial (Rodrigues *et al.*, 2024). Podendo atuar como reservatório temporário, transitório ou de longo prazo para os MPs. Assim, há uma grande relevância em compreender as dinâmicas destes no sedimento, como a deposição, ciclo e persistência (Fenn *et al.*, 2025).

As praias arenosas representam 31% de extensão das áreas do litoral da Terra que não estão cobertas por gelo. Se caracterizam por ser uma das zonas terrestres com maior densidade povoadas e desenvolvidas do mundo (Luijendijk *et al.*, 2018). Sendo de suma importância por abrigar uma vasta diversidade de comunidades biológicas e por possuir uma significância socioeconômica propicia para o turismo e recreação (Belo *et al.*, 2021). No entanto, é exposto que a deposição e acúmulo de lixo nesse ecossistema, em todo o globo terrestre, sendo sua grande parte composto por detritos plásticos, são equivalentes de 60 a 80% (Jones *et al.*, 2022).

Em toda a costa, incluindo o compartimento sedimentar das praias arenosas, uma combinação complexa e diversos de fatores contribui para a disposição dos poluentes plásticos, como atividades antropogênicas, turísticas e de urbanização, e processos costeiros devido á correntes marítimas e deposição do ar (Mazurkiewicz *et al.*, 2022).

Portanto, devido a fatores como a urbanização crescente e à má gestão de resíduos, há um aumento no descarte de lixo plástico nas praias, que se destringem em micro plásticos (1 μ m a 5 mm), mesoplásticos (5 a 25 mm) e macropásticos (>25 mm) (Campoy e Beiras., 2019). Esse acúmulo de resíduos na zona costeira representa uma ameaça a todo o compartimento ambiental das praias arenosas (Heard, 2024).

Podendo as praias arenosas serem fontes primordiais de microplástico, pois os detritos plásticos sofrem por processos de fragmentação com maior intensidade nessa matriz ambiental. Isso se deve às altas temperaturas e radiação UV e em decorrência dos processos de erosão (Niu *et al.*, 2024). Desse modo, uma maior quantidade de MPs pode ser transportados e dispostos para o mar aberto, induzindo a impactos tanto no ambiente terrestre quanto marinho (Simantiris, 2025). Fatores como a amplitude da maré, condições climáticas, morfologia da praia e tamanho dos grãos são fatores que podem influenciar a concentração de MP nas praias (Harris, 2020).

3.3 Características ambientais da área de estudo

3.3.1 Geologia e geomorfologia

A zona marinha do estado do Ceará tem por base materiais de origem sedimentar, originadas das bacias do Ceará e Potiguar, e materiais vulcânicos. E a zona costeira é composta, predominantemente, por sedimentos arenosos do Alto Terciário-Quaternário. Caracteriza-se a geomorfologia da planície litorânea cearense por feições morfológicas compostas pela faixa de praia, planície lacustre e planície fluviomarinha. Sendo uma área de maior fragilidade ambiental e com uso intenso no desenvolvimento de atividades de meio turístico. Possui solos imaturos e pouco desenvolvidos (Atlas costeiro e marinho do estado do Ceará, 2023).

Já a faixa praial possui área plana ou com declividade acentuada para o mar, o que leva ao resultado de acumulação marinha, presença de sedimentos arenosos e cascalhos. Ademais, sofre fortemente com o avanço do oceano e sofre influência advindos de projetos de infraestrutura, o que provoca a alteração da dinâmica dos sedimentos para a faixa de praia. São características por feições de relevo estreitas, sob uma análise de dimensão, mas altamente dinâmica. Além disso, a praia possui importância para a proteção do litoral visto que ela dissipa as ondas e, por conseguinte, protege o continente. Os sedimentos se caracterizam por serem

predominantemente de areia quartzosa bimodal média. Sendo dominada por areia fina, cerca de 32%, areia muito fina (15%) e cascalho (8%), a areia de tamanho médio é a mais dominante em 45% das praias do Ceará. O transporte de areia ao longo da costa ocorre para o oeste, provocado por ondas provenientes de leste-sudeste (Atlas costeiro e marinho do estado do Ceará, 2023).

3.3.2 Características oceanográficas

Os ventos alísios desempenham um papel significativo na geração de correntes e flutuações no nível do mar, apresentando uma sazonalidade marcante que está associada à migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que afeta a variabilidade dos parâmetros das ondas que chegam até a costa cearense, e também modulam a intensidade das correntes, que se caracterizam por serem mais rápidas no segundo semestre do ano (Atlas costeiro e marinho do estado do Ceará, 2023).

Segundo Pinheiro *et al.* (2016), as ondas no Ceará são caracterizadas por serem 80% *sea* e 20% *swell*, estas atingem a costa do estado com o período de pico maior que 10s e são frequentes entre os meses de dezembro e abril. Em relação à direção, a predominante é leste-sudeste, no entanto, no período de *swell*, na primeira metade do ano, é norte-nordeste (Pinheiro, *et al.*, 2016). A dinâmica que influi fortemente sobre as ondas *sea* ao longo da costa cearense é a variabilidade na intensidade e direção dos ventos alísios, que a oscilação está diretamente relacionada à migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical. Ademais, a ocorrência das ondas *swell* na região pode ser atrelada a diferentes processos de viés meteorológico, como tempestades no Atlântico Norte e a geração de ondas de leste no Atlântico Equatorial Leste, que resulta na propagação da sua energia em direção à costa cearense (Atlas costeiro e marinho do estado do Ceará, 2023).

Já a maré, oscilações periódicas do nível do mar, representa uma importante forçante hidrodinâmica da plataforma continental e região costeira do Ceará, que está submetida a uma condição de maré semidiurna, isto é, 2 preamares e 2 baixa-mares a cada 24 horas e 50 minutos. Tem como altura superior a 3 m durante a sizígia, classificando-a como mesomaré (Atlas costeiro e marinho do estado do Ceará, 2023).

3.3.3 Precipitação

A dinâmica que influi sobre a precipitação tem relação direta com a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O período da estação chuvosa no estado do Ceará é ocasionado pelo dinamismo da ZCIT, que se move anualmente em direção ao sul e ao norte,

causando efeitos na intensidade e frequência das chuvas. São nos meses de fevereiro a maio que a ZCIT se encontra ao sul da Linha do Equador (entre 2° e 4°S), favorecendo a presença dos ventos alísios oriundos do norte e nordeste, que cria condições para o período chuvoso e decorre por concentrar cerca de 91% das precipitações anuais no primeiro semestre (Pinheiro *et al.*, 2016; (Atlas costeiro e marinho do estado do Ceará, 2023).

Já nos meses entre julho e novembro, a ZCIT migra-se para o hemisfério norte, resultando em ventos alísios de sul e sudeste, característicos por serem mais intensos e associarem-se à estação seca. Portanto, a sazonalidade dos ventos alísios, acompanhada pela migração da ZCIT, além de determinar a intensidade das chuvas, também altera a dinâmica das ondas que chegam à costa cearense e às correntes marítimas na plataforma continental, o que impacta diretamente o clima da região (Atlas costeiro e marinho do estado do Ceará, 2023).

3.3.4 Processo de ocupação do litoral

O processo de ocupação da cidade de Fortaleza, se deu pela baixa valorização das zonas de praia e a dificuldade da ocupação das áreas dunares. Em decorrência, estas áreas, por muitas décadas, foram ocupadas pelas atividades de pesca e portuária. A partir da expansão, que se deu pela chegada de novos moradores, ocorreu a crescente demanda mobiliária. A grande maioria dos assentamentos humanos está concentrada nas zonas costeiras. Ademais, a proximidade com o mar oferece diversas possibilidades, como a pesca, atividades de lazer, turismo e segunda residência, o que provoca o crescimento da taxa de ocupação da zona costeira. É relatado que nos últimos 40 anos houve um aumento na população que reside nessas áreas, constituindo uma ocupação desordenada e não planejada (Marinho *et al.*, 2019).

Segundo o IPECE (2025), a estimativa da população residente na capital cearense no ano de 1991 era 1.768.637 habitante. Atualmente, segundo um levantamento nos dados do IBGE (2025), a população estimada para a cidade de Fortaleza é 2.574.412 pessoas. Possuindo uma densidade demográfica, segundo o último censo no ano de 2022, de 7.775,52 habitantes por quilômetro quadrado. E a área urbanizada da cidade se caracteriza por possuir 253,69 km².

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Área de estudo

4.1.2 Praia do Caça e pesca

O litoral da Cidade de Fortaleza possui 24km de extensão, e é banhado pelo Oceano Atlântico. O período chuvoso na Cidade se caracteriza por ocorrer no período do primeiro semestre do ano, correspondendo aos meses de janeiro a junho, no qual o índice pluviométrico varia de mínimo e máximo nos meses de janeiro e abril. Já o período seco se caracteriza por sua ocorrência no segundo semestre, entre os meses de julho e dezembro, e por ter baixa incidência de índices pluviométricos (Moura et al., 2015).

A Praia do Caça e Pesca, situada na cidade de Fortaleza, Ceará, teve sua ocupação por volta das décadas de 60 e 70, época em que a expansão da cidade se desenvolveu mais fortemente nas regiões periféricas. Entretanto, em consonância com a cidade, a urbanização nessa região se deu de forma desordenada. Atualmente, as ocupações de moradia se caracterizam pela comunidade tradicional, mas sofre com as implicações nas formas de uso e ocupação do solo. O que conduz os impactos locais como a supressão da vegetação do mangue, contaminação do recurso hídrico e acúmulo de resíduos sólidos em torno do estuário e da região (Marinho *et al.*, 2019).

A referida Praia compreende a extensão adjacente da desembocadura do Rio Cocó, principal corpo hídrico da cidade de Fortaleza. Caracterizado por perpassar em vários dos bairros do município, apesar de ter sua nascente situada no maciço residual da Pacatuba e estendendo-se por 45,6km sob território fortalezense. A região é caracterizada como um Complexo Estuarino, situado nas proximidades dos bairros Praia do Futuro II, Edson Queiroz e Sabiaguaba. O Complexo é responsável por seu papel ambiental e ecológico importante, abrigando inúmeras espécies e tendo respaldo no equilíbrio ecológico flúvio-marinho. Em sua extensão, possui ocupação urbana com presença de barracas e intensa visitação turística (Marinho *et al.*, 2019). A seguir, o mapa cartográfico representando a área de estudo e de coleta (Figura 1).

Figura 1 – Praia do Caça e Pesca em Fortaleza, localizada à margem oeste do estuário da Sabaguaba. O local apresenta a infraestrutura de barracas de praia e ocupação próxima.



Fonte: Autor (2024)

4.2 Coleta

As coletas de sedimento superficial para extração microplásticos realizou-se sob a linha de maré alta na Praia do Caça e Pesca, localizada no município de Fortaleza, no litoral do estado do Ceará, e sua localização compreende entre os limites Zona 24 M - 562413.74 m E; 9583895.05 m S e Zona 24 M - 562510.56 m E; 9583387.78 m S.

O procedimento se deu a partir de uma abordagem sistemática, considerando as variações sazonais e o estado da maré. As coletas foram realizadas em dois períodos sazonais, durante o período chuvoso e seco, nos meses de março e outubro, respectivamente.

Ocorreu uma coleta a cada período sazonal. A primeira coleta realizou-se no dia 11 de março de 2024, por volta de 09h e 12h. Essa data compreende a representação do período chuvoso, que se caracteriza pelo maior volume pluviométrico, sendo um indicativo de influência para o transporte e acumulação dos detritos na área de estudo do presente trabalho. É válido ressaltar que as condições de maré apresentaram variações ao longo do dia. Durante a madrugada, às 05h19, a maré atingiu um nível máximo de 3.1 metros. Já no final da manhã, às

11h23, registrou-se maré baixa expressiva, de -0.1 metros. Tal oscilação traz a indicação o intervalo de mínima e máxima, que pode ter ocasionado a movimentação dos sedimentos.

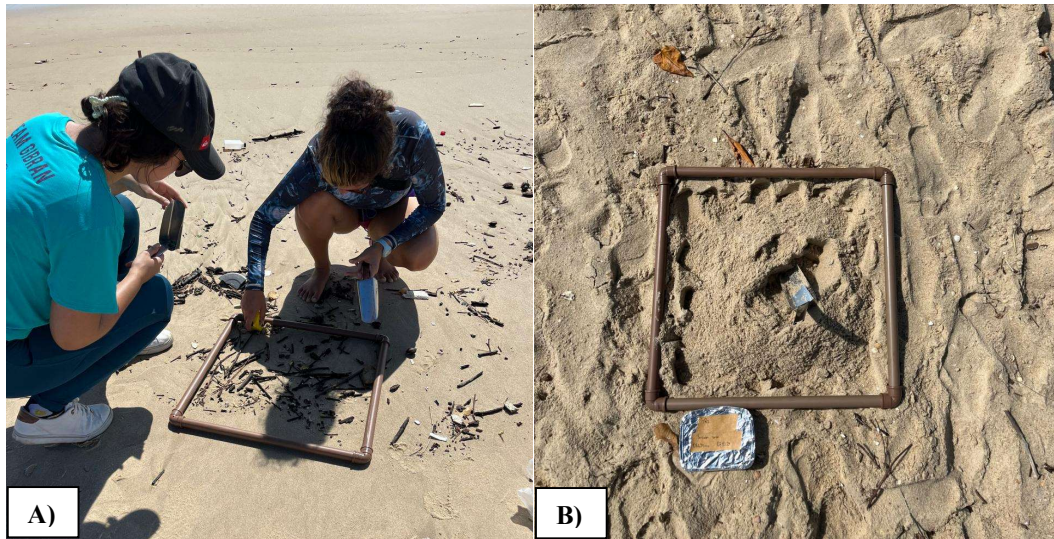
A segunda coleta foi realizada no dia 07 de outubro de 2024, no mesmo período de horário, entre 08h e 12h, e representa o período seco. Os níveis registrados da maré é que as 06h53 esteve a 2.4 metros e em 12h51 em 0.7 metros. Demonstrado uma amplitude menor se comparada ao período chuvoso.

Desta forma, permitiu-se avaliar como as condições meteorológicas podem influenciar na concentração de microplásticos nos sedimentos. Para obter a influência que as marés podem causar, as amostras foram coletadas em condições de baixa maré, sendo coletadas na zona da faixa de deixa.

Inicialmente, foram demarcados cinco transectos de coleta ao longo da praia adjacente ao estuário, com o auxílio de marcadores, cada uma com um com extensão de 25 metros e espaçamento de 75 metros entre eles. Desta forma, cinco (5) transectos foram delimitados (T1, T2, T3, T4 e T5), distribuídos na zona superior da praia - acompanhando a linha de deixa. Conforme adaptação da metodologia de coleta descrito por Pegado *et al.* (2022), em cada uma das 5 áreas demarcadas, com o uso de um quadrante (25 x 25 cm), aqui identificados de Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5 em cada transecto, foram dispostos aleatoriamente cinco vezes em cada transecto, no limite superior da marca da maré alta. Assim, totalizando 25 amostras por coleta e 50 no total. Cada amostra foi retirada da camada superficial dos sedimentos, com profundidade de até 5cm, utilizando pá de inox.

Após a coleta, os sedimentos foram armazenados em recipientes metálicos limpos e secos, devidamente rotulados com informações sobre o ponto de coleta, a data, horário e a condição da estação. As amostras foram transportadas para o laboratório para processamento, em condições que evitassem contaminação e degradação, mantidas guardadas e abertas apenas uma única vez para análise. Abaixo é possível visualizar registros feitos durante o momento de coleta (Figura 2) e a distribuição espacial dos transectos e quadrantes (Figura 3).

Figura 2 – A) Coleta das amostras de sedimento superficial. B) Utilizou-se um quadrante de cano PVC com dimensões de 25x25cm. As marmitas foram a campo com a etiqueta de rótulo, sendo preenchidas no momento da coleta da amostragem.



Fonte: Autor (2024)

Figura 3 - Representação espacial dos transectos e quadrantes. Os transectos são representados dentro dos 25m, com um distanciamento de 75m em cada. A linha de deixa da maré foi a margem utilizada para a coleta.



Fonte: Autor (2025)

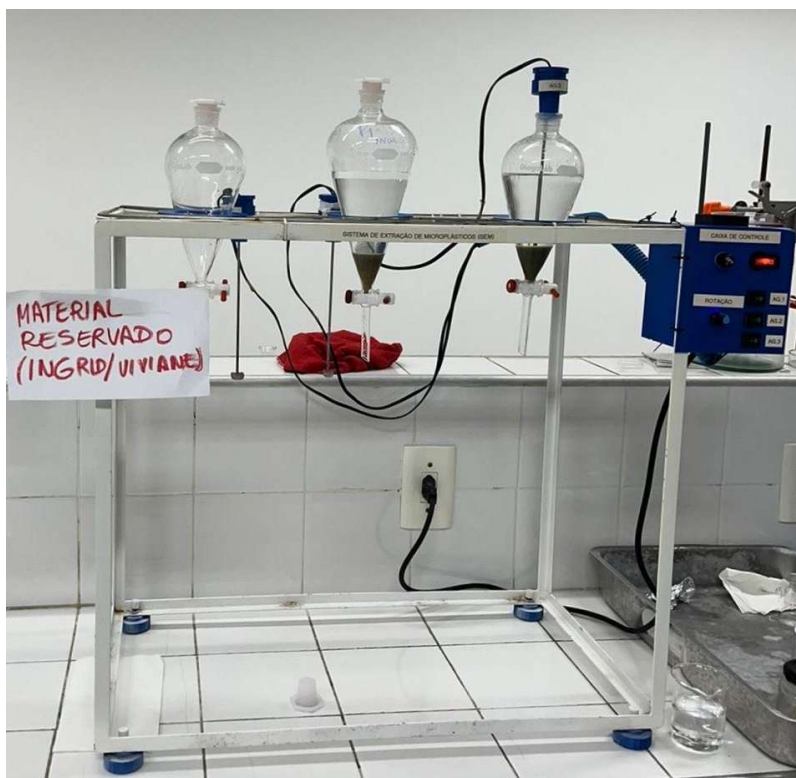
4.3 Processamento em laboratório

4.3.1 Sistema de Extração de Microplástico

O Sistema de Extração de Microplásticos (Figura 4) é projetado com o objetivo de separar e possibilitar a quantificação das partículas plásticas possivelmente presentes nas amostras ambientais. É constituído por uma estrutura metálica, possuindo três espaços circulares equipados com argolas, possibilitando a fixação de funis de separação. Estes, possuem torneiras adaptadas, caracterizadas por uma saída mais larga, o que permite a passagem do sedimento sem obstruções. Ademais, conta com três agitadores metálicos, que auxiliam na mistura da amostra, permitindo a separação por diferença de densidade.

A caixa de controle se localiza ao lado direito, sendo um componente fundamental para o funcionamento do equipamento, permitindo a regulação dos agitadores metálicos, equipada com botões, fusíveis e conectores elétricos. O Sistema é disposto sobre a bancada de laboratório, garantindo estabilidade durante o seu uso.

Figura 4 – SEM em funcionamento. 3 funis de separação dispostos no equipamento, com o sedimento ao fundo e o sobrenadante para a extração dos MPs.



Fonte: Autor (2024)

4.3.2 Separação por densidade

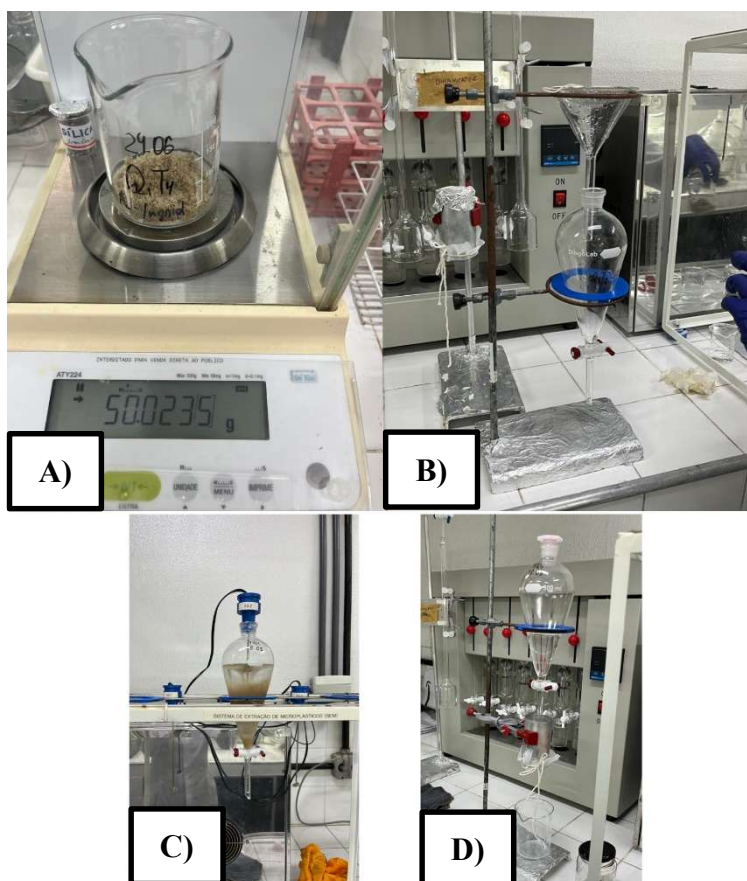
A metodologia utilizada foi a de Nolasco *et al.* (2022). Com o auxílio de uma espátula de alumínio, 50g de sedimento foi transferido da bandeja de alumínio para um becker previamente limpo e seco. Em seguida, foram adicionados 300ml da solução salina de cloreto de sódio (NaCl), sob concentração de 5 mol L^{-1} . Ao mesmo passo em que se transferiu a amostra para um funil de separação em formato pera de 500ml, o sedimento passou por uma peneira de inox, a fim de conter os grânulos maiores.

Com o sedimento amostral e a solução já, então, dispostos no funil de separação, é colocado no Sistema de Extração de Microplástico (SEM) (Figura 5), que é composto por três argolas e agitadores de metal. Nesta etapa, adaptou-se a metodologia de Choppock *et al.* (2017), para misturar o sedimento, e dar início ao processo de separação por densidade. O agitador é ligado e deixado agitando por 5 minutos consecutivos, na sequência deixado sedimentar por, novamente, 5 minutos e logo depois 3 pulsos curtos de agitação, permitindo a liberação de bolhas de ar do sedimento. Por fim, a amostra é deixada em repouso por 24h no próprio SEM, permitindo a flutuação das partículas de microplásticos.

Ainda sob adaptação da metodologia de Nolasco *et al.* (2022), após o período de descanso da amostra, através da abertura da torneira do funil, é possibilitada a separação do sedimento e do sobrenadante que permanece na solução. Este, por sua vez, é filtrado por uma malha de poliamida de $65 \mu\text{m}$ e, ao final, é guardada em um recipiente de vidro com tampa metálica e identificada para a posterior análise no microscópio estereoscópio e identificação visual do polímero (Figura 5).

Ao longo de toda a extração e, primordialmente, ao final de cada uso, os materiais utilizados eram lavados com Dinamicatec, diluído a uma concentração de 3%, e em seguida com água destilada e cobertos com papel de alumínio limpo, com o intuito de minimizar a contaminação cruzada nas amostras analisadas.

Figura 5 - Etapas do processo de separação por densidade utilizando o Sistema de Extração de Microplásticos. (A) pesagem; (B) transferência da massa amostral de sedimento para o funil de separação; (C) agitação no SEM; (D) filtragem do sobrenadante na malha de poliamida.



Fonte: Autor (2024)

4.3.3 Identificação e quantificação

A inspeção visual se deu através do uso de um estereoscópio, o que possibilitou a classificação das partículas suspeitas de microplásticos. Para uma padronização de observação da malha, usou-se o método de zigue-zague de Peng *et al.* (2018), no qual moveu-se a malha em orientação da esquerda para a direita, em todas as amostras visualizadas. Os MPs identificados nesta etapa são considerados suspeitos, devido a não realização, até então, da composição polimérica.

Ao MPs suspeitos foram medidos através de registros fotográficos usando o programa ImageJ, um *software* analisador de imagens, e categorizados por tamanho, cor e forma, classificados por filamento, fragmento ou filme (Rochman, 2019).

4.3.4 Controle de contaminação

Durante o processamento em laboratório, realizou-se também as amostras em branco, ao final de cada 5 amostras processadas, as quais foram preparadas usando apenas a solução de NaCl e reproduzindo o mesmo processo laboratorial. A fim de garantir maior confiabilidade e precisão e levar em conta a eventual contaminação. Resultando em 6 amostras de branco.

No processo de contagem, realizou-se, então, o controle de contaminação, na qual em cada período do uso da lupa foi disposto em uma Placa de Petri água destilada, ao lado do local de trabalho, até a finalização do procedimento. Tais partículas que foram registradas nesta etapa derivam, principalmente devido ao seu pequeno tamanho e persistência na atmosfera. Os contabilizados resultantes desta etapa foram descontados. É válido mencionar que os MPs que foram contabilizados resultantes do controle de contaminação, foram descontados.

Com o objetivo de minimizar ao máximo a contaminação das amostras e preservar sua integridade, foram adotadas medidas preventivas, incluindo a substituição do uso de plástico em todas as etapas do processo. Além disso, a fim de garantir a segurança e qualidade das amostras, durante todo o processo de extração foi utilizado jaleco branco de tecido semi-algodão e luvas de borracha durante todo o procedimento de extração dos MPs.

5 RESULTADOS

5.1 Dados pluviométricos

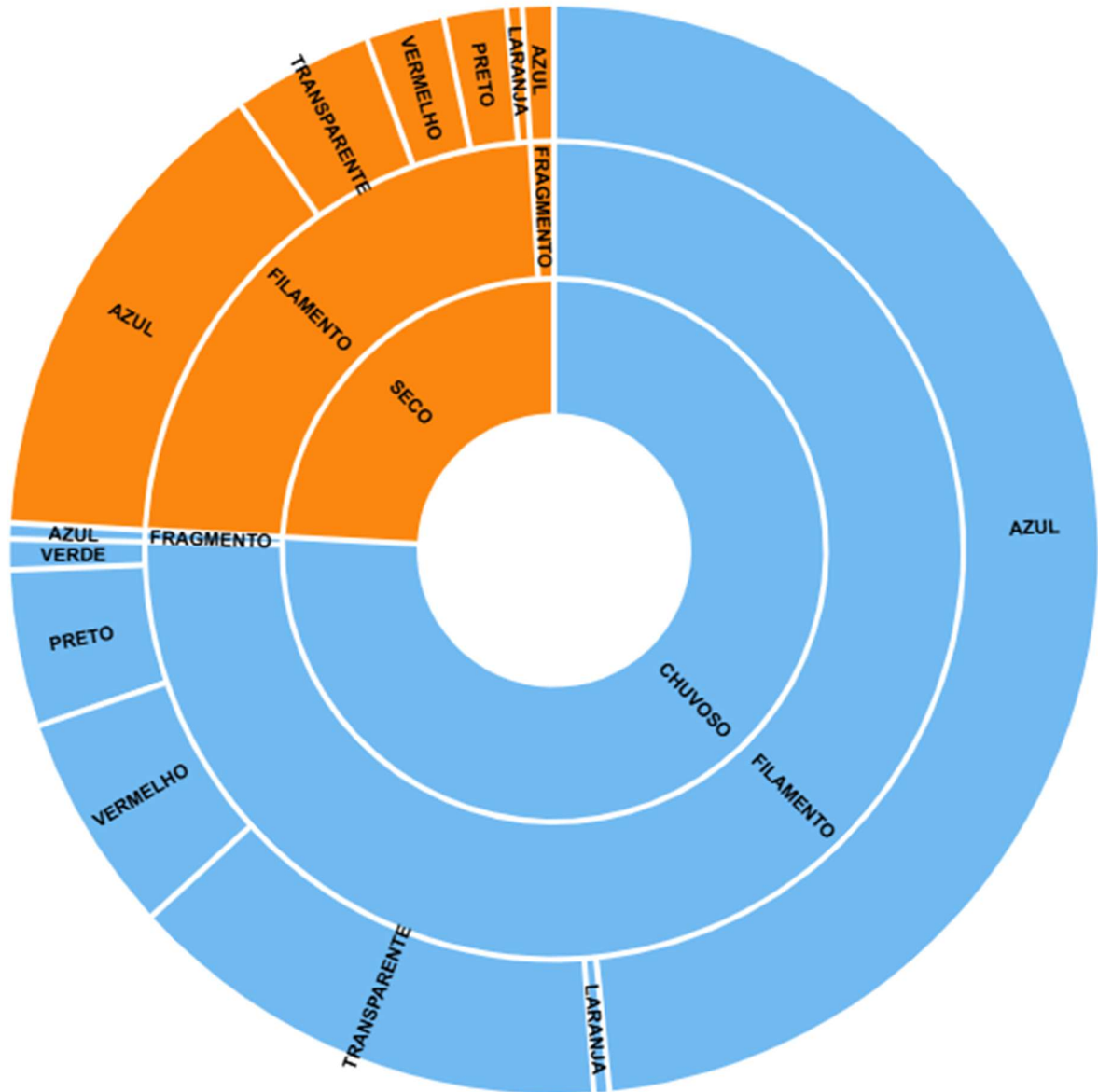
Referente aos dados pluviométricos na área de estudo, foi realizado um levantamento detalhado de dados e informações disponibilizadas no site da FUNCEME. As precipitações no período chuvoso, especificamente no mês de março, tiveram um total de 602,80 mm. Enquanto no período seco, no mês de outubro, registrou o total de 3,00mm, o que é típico dessa estação em que as chuvas são escassas. Podendo as chuvas terem uma forte influência na presença dos MPs, por meio do escoamento superficial. A variação na quantidade de precipitação ao decorrer do ano pode causar uma influência direta na dinâmica dos fluxos atmosféricos.

5.2 Composição

Para a análise do presente estudo, utilizou-se as amostras dos transectos 1, 3 e 5 de cada período sazonal, o que resultou em 30 amostras analisadas. Foram encontrados nas amostras analisadas 183 MPs suspeitos ao total, sendo 145 no período chuvoso e 38 no período seco. Houve uma grande variação na abundância em cada período sazonal investigado, conforme já esperado. A maior concentração registrada no período chuvoso confirma o teste da hipótese levantada no presente trabalho, isso se deve, sobretudo, ao aumento do volume hídrico e do carreamento das partículas plásticas para os ambientes. A variação entre os períodos sazonais reflete, ainda, as diferenças dos processos do transporte desses contaminantes. A identificação e quantificação dos microplásticos foram realizados com base em processos descritos na literatura, o que garantiu a confiabilidade dos resultados.

A caracterização dos microplásticos encontrados inclui uma parametrização diante das formas, cores e tamanhos, sendo detalhada a seguir (Figura 6), o que possibilita uma visão mais ampla sobre a composição desses materiais nos sedimentos da praia adjacente ao estuário. Permitindo compreender possíveis fontes de emissão, além de contribuir para a base de dados de futuros monitoramentos ambientais na região. Além disso, a identificação dessas características contribui para a avaliação do grau de poluição desses contaminantes emergentes.

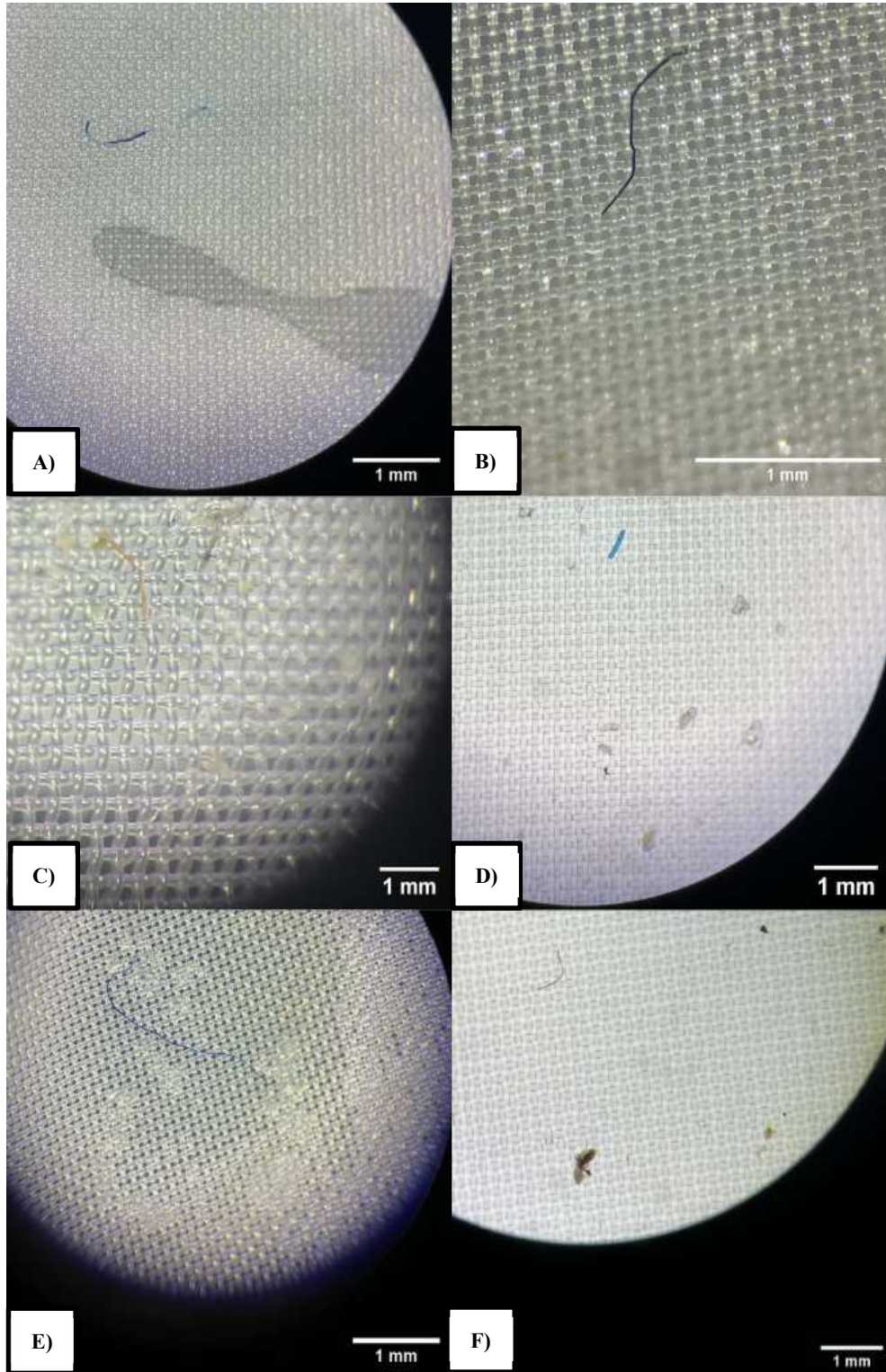
Figura 6 - Análise da distribuição de microplásticos suspeitos encontrados nas amostras por formato, cor e período climático: Comparação entre estação chuvosa e seca.



Fonte: Autor (2025)

A partir da análise das amostras e da investigação dos microplásticos, bem como sua caracterização, revelou-se uma variedade na tipologia dos MPS, o que evidência a diversidade de partículas presentes no sedimento superficial da área de estudo. Havendo uma predominância nos filamentos, que apresentam variações de cor e tamanho (Figura 7), também foram encontrados fragmentos, indicando que diversos processos de degradação e diferentes fontes de origem.

Figura 7 – Filamentos de microplásticos com diferentes tamanhos, cor e formato em sedimento superficial nos períodos de seca e cheia. (A) filamento azul bicolor; (B) filamento preto; (C) filamento curto laranja; (D) fragmento azul; (E) Filamento alongado azul; (F) Filamento pequeno vermelho.



Fonte: Autor (2025)

5.2.1 Forma

Para a classificação das partículas quanto à sua forma, no período chuvoso 144 se caracterizavam por serem filamentos e somente 1 como fragmento. No período de estiagem, identificaram-se no total de 36 filamentos e 2 fragmentos. A média de filamentos encontrados no período chuvoso resultou em 9,6 por amostra analisada e 0,06 para os fragmentos. Já no período seco, encontrou-se uma média de 2,5 para filamentos e 0,14 para fragmentos. O máximo de filamentos identificado em uma amostra foi de 22 filamentos e apenas 1 fragmento. A concentração de item pelos 50g de massa das amostras, usados no processo da extração, foi de 3,6 para filamentos e 0,06 para os fragmentos.

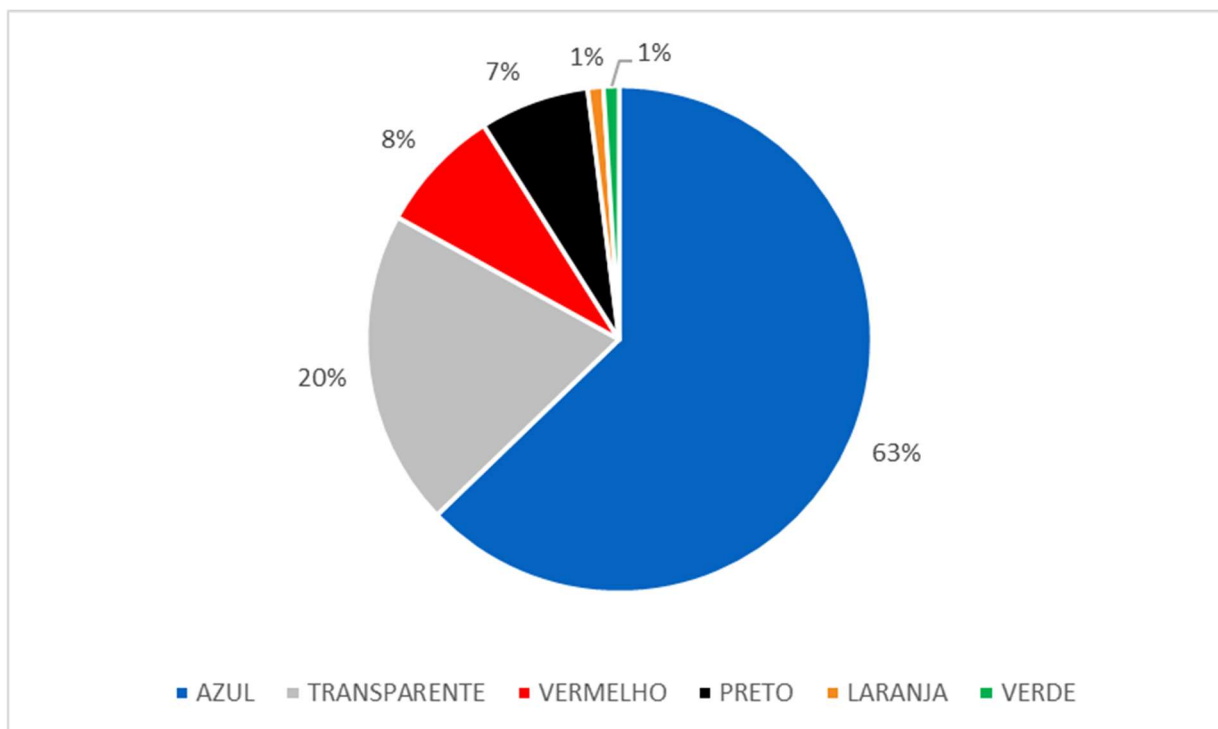
Para a concentração de filamento, avaliou-se sob duas escalas. Para 50 gramas de sedimento, as concentrações observadas foram de 3,6 itens, correspondendo a 3600 itens por kg. E concentração de fragmentos resultou em 0,06 a cada 50 gramas e 60 itens por quilograma.

5.2.2 Cor

Os MPs suspeitos encontrados na identificação visual do presente estudo apresentaram muitas variações de cores, como azul, preto, transparente, vermelho, laranja e verde.

A cor azul, como sendo a mais frequente na análise, foi identificada em 115 itens e teve uma representação de 63% do total, seguida pela cor transparente, que correspondeu a 37 MPs, equivalente a 20%. As cores vermelho e preto apareceram em proporções bem menos, contabilizados 15 e 12 itens, com 8% e 7%, respectivamente. Já as cores laranja e verde foram as menos representativas, ambas identificadas em 2 itens, com apenas 1% de ocorrências (Figura 8).

Figura 8 - Representação percentual de cores diferentes dos MPs encontrados.



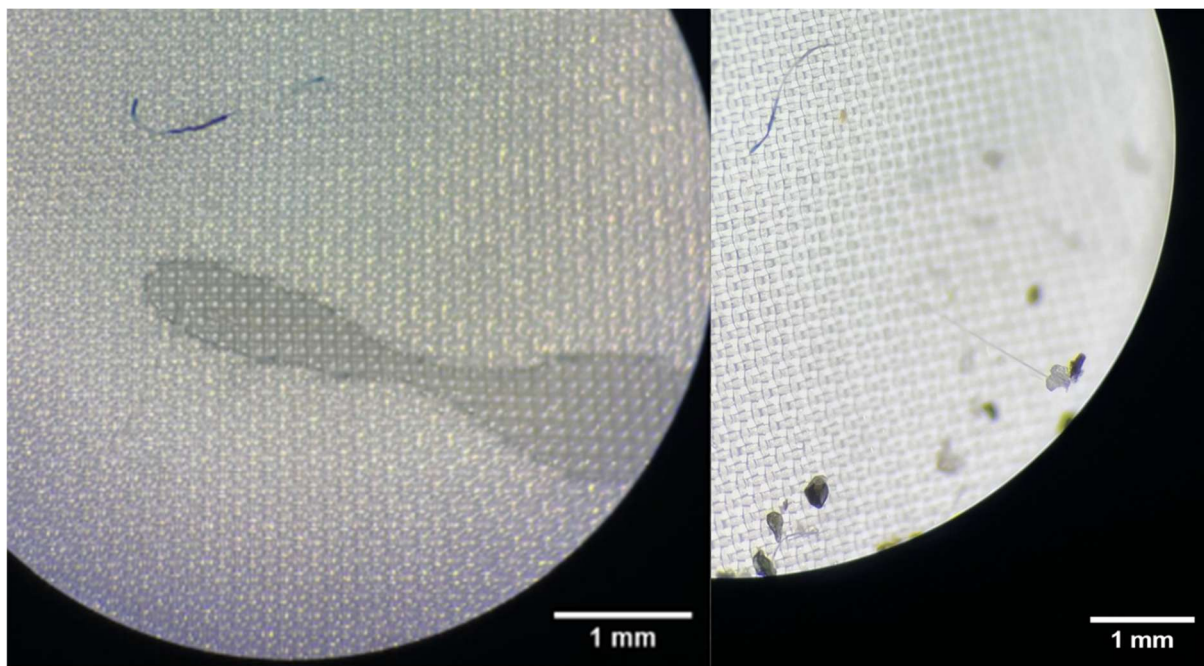
Fonte: Autor (2025)

Nas amostras analisadas as cores predominantes foram azul e transparente. Sendo os microplásticos suspeitos de cor azul os mais frequentes. Tal resultado consoa com demais trabalhos realizados na investigação das características de microplásticos. A média de itens na cor azul encontrada em cada amostra analisada foi de 6,2, enquanto no período seco foi de 1,5. Tendo como máximo encontrado em uma amostra de 13, e sendo o mínimo 1.

A concentração da cor azul representou 2,3 itens a cada 50 gramas, o que corresponde à 2300 itens por kg. Já os MPs encontrados na cor transparente, o segundo com maior abundância, teve 0,72 itens a cada 50 gramas de sedimento, resultando em 720 itens por quilograma.

Ademais, 9 MPs suspeitos identificados possuíam característica bicolor, com o azul sendo a cor predominante sobre todos eles (Figura 9). O que leva a indicar que estes já sofreram pelas intempéries do sistema e pelo transporte, o que acarretou a perda parcial da sua cor anterior.

Figura 9 - Microplásticos caracterizados como bicolor. Indicando o desgaste sofrido por intempéries ao decorrer do tempo.



Fonte: Autor (2025)

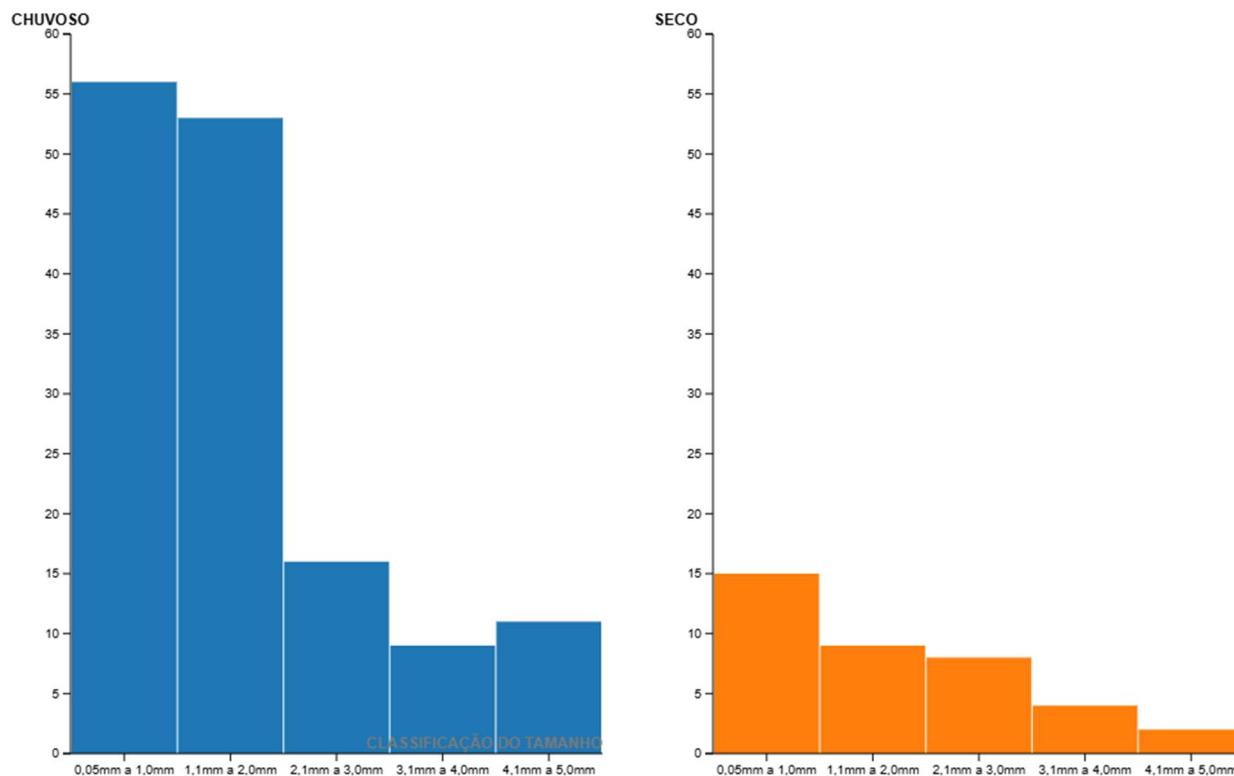
5.2.3 Tamanho

O tamanho dos MPs suspeitos identificados variou, tendo no período chuvoso uma média de 1,561mm. O tamanho máximo das partículas encontradas nesse período foi 4,976mm e o mínimo 0,148mm. Demonstrando a maior abundância naqueles de até 1mm.

No período seco, também houve uma variação no tamanho, com uma média de 1,577m. O tamanho máximo das partículas encontradas nesse período foi de 4,638mm e o mínimo 0,112mm. Em consoante com o outro período sazonal analisado, também se observou uma maior abundância nos MPs suspeitos com tamanho de até 1mm.

Para destrinchar os valores de tamanho encontrados, dividiu-se e classificou entre grupos: De 0,05mm a 1mm; 1,1mm a 2mm; 2,1mm a 3mm; 3,1mm a 4mm e 4,1mm a 5mm (Figura 10). Para avaliar o tamanho dos MPs foi utilizado o método proposto por Zhao *et al.*, 2015, que considerara os intervalos entre 0,5mm e 5mm. Contudo, neste trabalho, observou-se uma quantidade significativa de MPs no tamanho abaixo de 0,5mm. Nesse sentido, o método foi adaptado para contemplar o achado desta pesquisa.

Figura 10 - Classificação de tamanho dos microplásticos por grupos de tamanho.



Fonte: Autor (2025)

5.3 Distribuição

A distribuição espacial dos microplásticos, indicando onde há uma maior concentração destes nos quadrantes e transectos também foi avaliada (Figura 11). Indicando uma variação significativa entre os períodos chuvoso e seco. O transecto 5 apresenta a maior quantidade de itens, com 62 registros no período chuvoso e 14 no de estiagem. Seguido pelo transecto 3, no qual identificou-se 55 itens no período com maior índice pluviométrico e 15 no período seco. Já no transecto 1, apresenta menores valores absolutos, constatou a presença de 28 itens no período chuvoso e 9 no seco. Sugerindo que os processos hidrodinâmicos, como o aumento de vazão durante as chuvas, a proximidade de fontes de emissão e a capacidade de retenção do compartimento ambiental sejam fatores para a diferença na quantidade de itens entre os períodos sazonais e variação espacial.

No geral, houve uma maior concentração no período chuvoso, no qual as amostras T3Q4, T3Q3, T5Q3 e T5Q1 tem destaque em relação aos maiores valores de abundância, o que

sugere uma maior presença de microplástico nessa região. Contudo, no período seco observa-se um menor acúmulo, no qual apresenta um valor mais baixo, mas apresentam maiores valores de abundância nos mesmos transectos do outro período analisado.

Os dados obtidos demonstram uma variação significativa na quantidade de itens e na massa analisada, aqui sendo analisada sob a equivalência de itens por kg de sedimento, no qual foram feitas as devidas equivalências. No período chuvoso, houve uma maior concentração de itens no transecto 5, resultando em uma concentração de 1240 itens/kg. Seguido pelo transecto 3, representado por 1100 itens/kg e o transecto 1, menos expressivo, com 560 itens/kg. No período seco, T3 obteve a maior concentração com 300itens/kg, seguido por T5 que resultou em 280 itens/kg e, conforme o período chuvoso, T1 apresentou a menor, com 180 itens/kg.

Figura 11 - Presença de microplásticos nos diferentes pontos de coleta durante os períodos sazonais, destacando a concentração as partículas em cada transecto.



6 DISCUSSÕES

As fibras e filamentos são as formas mais comuns em ambientes de praia com um valor mediano de 90% (Harris, 2020). Os filamentos analisados podem ser oriundos da decomposição de detritos plásticos maiores, como equipamentos de pesca, cordas, redes, roupas, atividades esportivas náuticas e até mesmo de efluentes e esgotos clandestinos. O resultado do presente estudo, a respeito da maior concentração de filamentos, consoa com o estudo de Azaaouaj (2024). Ademais, MPs neste formato tendem a representar uma ameaça ao meio e à biodiversidade, que podem interpretar erroneamente tais MPs, ocasionando danos como o bloqueio do trato gastrointestinal, contaminação e bioacumulação (Tasnim *et al.*, 2023).

As cores podem demonstrar a origem sintética dos MPs e o seu papel como contaminante no meio (Tasnim *et al.*, 2023). A pigmentação que é dada ao plástico na sua fabricação pode ser um fator de risco, o qual pode possuir substâncias tóxicas, que a partir das intempéries que sofrem durante sua degradação, como a fotodegradação, são liberadas no ambiente (Dutra e Maia, 2022). É válido, ainda, ressaltar, que os organismos que vivem nesse ecossistema podem confundir as partículas, devido sua ampla variação de cores, com as pigmentações semelhantes à dos alimentos, trazendo ameaças a eles.

A foto-oxidação, processo que induz mudanças nas propriedades não apenas mecânicas, mas em relação a cor, demonstra-se presente diante das partículas menores, tendo em vista a identificação de MPs classificados como bicolor (Martí *et al.*, 2020).

Sugere-se que, quanto menor o tamanho da partícula, maior a sua dispersão no ambiente e na teia trófica. Ademais, efeitos adversos podem tomar proporções maiores quando poluentes são adsorvidos por essas pequenas partículas, causando maior chance de contaminar organismos que os filtram e ingerem através de substâncias tóxicas, o que põe em risco toda a cadeia alimentar, inclusive a segurança alimentar humana (Dutra e Maia, 2022).

A maior concentração da presença de MPs na menor faixa grupal de tamanho tem similaridades com os estudos de Zhao *et al.*, (2015) e Andersen *et al.*, (2019). Desse modo, a maior presença dessas pequenas partículas em tamanhos menores revela a provável fragmentação dos detritos plásticos ao longo do tempo, podendo sugerir sua categorização como microplásticos secundários (Andersen *et al.*, 2024).

A alta presença de lixo na área de estudo, e que foi analisada principalmente no período chuvoso, desencadeia a presença também de MPs. Estes, por sua vez, trazem uma ameaça potencial visto que pode trazer a degradação do ambiente costeiro, impactando negativamente na escolha dos turistas para visitar a praia. Ademais, problemas desencadeados devido a

segurança da saúde dos banhistas também são de preocupação alarmante, devido á disposição incorreta dos resíduos dispostos nas Praias, como redes, garrafas e detritos enferrujados, que também foram visualizados no campo de coleta do presente estudo (Simantiris, 2025).

Devido á composição do plástico, polímeros sintéticos leves e de baixo custo, o Brasil ainda é um dos países com maior geração destes materiais. No entanto, não há um gerenciamento correto, nem sequer processos de reciclagem. Ocasionalmente por muitas vezes sua disposição incorreta. Sabe-se que, cerca de 80% do lixo marinho é advindo dos sistemas terrestres. Medidas preventivas e mitigadoras devem ser implantadas na gestão da zona costeira, principalmente, frente á números de demais estudos como esse de contaminantes oriundos de plásticos maiores (Montagner *et al.*, 2021).

Os resultados diante da distribuição demonstram a não homogeneidade das pequenas partículas plásticas, evidenciando a complexidade da contaminação por microplásticos no ambiente, tornando a caracterização detalhada de suma importância. Através de tais diferenciações, há as evidências dos processos de intempéries e das resultantes causadas, como discutido posteriormente. Contribuindo, também, para o entendimento em níveis de comportamentos dessas pequenas partículas no ecossistema, como a interação com organismos e possíveis impactos a longo prazo.

A análise, e os futuros monitoramentos, no ecossistema marinho permitem o fornecimento sobre as fontes potenciais, distribuição e quantidade ao decorrer dos anos, consistindo da necessidade de avaliação dos ambientes próximos, como o manguezal e estuário, que se caracterizam por sua importância ecológica e socioeconômica (Ambrose e Walker., 2023).

Portanto, para além do exposto, a remoção dos MPs dos ecossistemas se demonstra através da caracterização, sua complexidade. Soluções como limpezas de praia devem ser avaliadas, pois se mal implementada por agravar o problema, devido sua remoção centrada nos macrolásticos visíveis, resultando no acúmulo ao longo do tempo dos microdetritos (<5mm), tendenciando-os a se concentrarem nas camadas superficiais e exigindo equipamentos específicos para sua efetiva remoção (Ferreira *et al.*, 2025).

7 CONCLUSÃO

O lixo marinho, com ênfase aos detritos de plástico, sofre com intempéries e danos ambientais, que acabam por se fragmentar, produzindo MPs e causam efeitos adversos tanto no sedimento tanto no ambiente marinho como um todo, devido à possibilidade de fluírem para o oceano.

As praias se caracterizam por sua alta relevância ecológica e econômica, e o acúmulo de detritos plásticos, bem como MPs, trazem impactos negativos e irreversíveis ao ecossistema e a quem usufrui dos serviços ecossistêmicos ali oportunizados.

Esta monografia analisou a distribuição de MPs em sedimentos de uma praia urbana adjacente a um estuário. Os principais resultados foram:

- 1) Influência da sazonalidade na presença dos microplásticos nos sedimentos arenosos, havendo uma indicação que os índices pluviométricos desempenham um papel significativo na presença e abundância;
- 2) Predominância do tipo de forma e cor, demonstrando a cor azul predominante, conforme demais estudos;
- 3) Distribuição espacial, no qual foi analisado uma distribuição heterogênea, e os transectos T3 e T5 tiveram concentrações significativas maiores.

Diante do exposto, nota-se a necessidade de medidas mitigadoras a fim de diminuir o plástico nas matrizes ambientais. Uma abordagem de gestão da zona costeira nas regiões de praias adjacentes á estuários é de grande necessidade. Através da aplicação de práticas de lixo zero nos estabelecimentos, que também deve ser levada em consideração. Ações como estas são chave para adaptar-se a poluição por resíduos e lixo plástico, combatendo a tripla crise climática e buscando promover a saúde e o bem-estar das pessoas e do ecossistema.

Sugere-se, para estudos futuros a amplificação da área de estudo, da realização de mais coletas para o acompanhamento dos períodos sazonais e da análise das outras faixas da praia, podendo servir de comparativo entre elas.

REFERÊNCIAS

ALMROTH, B. C.; CORNELL, S. E.; DIAMOND, M. L.; DE WIT, C. A.; FANTKE, P.; WANG, Z. Understanding and addressing the planetary crisis of chemicals and plastics. **One Earth**, v. 5, n. 10, p. 1070-1074, 21 out. 2022.

AMBROSE, K. K.; WALKER, T. R. Identifying opportunities for harmonized microplastics and mesoplastics monitoring for Caribbean Small Island Developing States using a spatiotemporal assessment of beaches in South Eleuthera, The Bahamas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 193, p. 115140, ago. 2023.

ANDERSEN, R.; HARSAAE, A. L.; KELLNER, A.; SMYTH, A.; WESTERMANN, T. A. R.; GREEN, M.; VOLLERTSEN, J.; SYBERG, K.; LORENZ, C. Abundance, distribution and characteristics of microplastics in the North and South Atlantic Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 209, parte B, p. 117217, dez. 2024.

AZAAOUAJ, S.; NACHITE, D.; ANFUSO, G.; ER-RAMY, N. Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of the eastern Moroccan Mediterranean coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 200, p. 116144, mar. 2024.

CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Atlas costeiro e marinho do estado do Ceará**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará. 2023. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/atlas-costeiro-e-marinho-do-estado-do-ceara-2023/>

BELO, I. C. B.; ANDRADE, B. N. P.; MIRANDA, J. P. A.; DRUMOND, P. C. Microplásticos, seus impactos no ambiente e maneiras biodegradáveis de substituição. **Revista Internacional de Ciências, Rio de Janeiro**, v. 11, n. 2, p. 214-228, mai.-ago. 2021. DOI: 10.12957/ric.2021.54481.

CAMPOY, P.; BEIRAS, R. Review: Ecological effects of macro-, meso-, and microplastics. **Projecto REPESCAPLAS2**, Activity 4.3, 2019. 35 p.

BILTCLIFF-WARD, A.; STEAD, J. L.; HUDSON, M. D. The estuarine plastics budget: A conceptual model and meta-analysis of microplastic abundance in estuarine systems.

Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 275, p. 107963, 30 set. 2022.

CHAU, H. S.; XU, S.; MA, Y.; WANG, Q.; CAO, Y.; HUANG, G.; RUAN, Y.; YAN, M.; LIU, M.; ZHANG, K.; LAM, P. K. S. Microplastic occurrence and ecological risk assessment in the eight outlets of the Pearl River Estuary, a new insight into the riverine microplastic input to the northern South China Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 189, p. 114719, abr. 2023.

COPPOCK, R. L.; COLE, M.; LINDEQUE, P. K.; QUEIRÓS, A. M.; GALLOWAY, T. S. A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments.

Environmental Pollution, v. 230, p. 829–837, nov. 2017.

CURTY, A.; ROMÃO, S.; VAN ELK, A. G. H. P.; SALOMÃO, A. L. S. A presença de microplásticos em praias antropizadas banhadas pela Baía de Guanabara. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, VI-001, 2023.

DEY, A.; DHUMAL, C. V.; SENGUPTA, P.; KUMAR, A.; PRAMANIK, N. L.; ALAM, T. Challenges and possible solutions to mitigate the problems of single-use plastics used for packaging food items: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, p. 3251–3269, 2020.

DU, J.; XU, S.; ZHOU, Q.; LI, H.; FU, L.; TANG, J.; WANG, Y.; PENG, X.; XU, Y.; DU, X. A review of microplastics in the aquatic environment: distribution, transport, ecotoxicology, and toxicological mechanisms. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 11, p. 11494–11505, 2020.

DUTRA, K. A. A.; MAIA, R. C. Caracterização dos microplásticos encontrados na zona entremarés do Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 55, n. 2, 2022.

ERNI-CASSOLA, G.; ZADJELOVIC, V.; GIBSON, M. I.; CHRISTIE-OLEZA, J. A. Distribution of plastic polymer types in the marine environment: A meta-analysis. **Environmental Pollution**, v. 250, p. 559-569, 2019.

FAGIANO, V.; COMPA, M.; ALOMAR, C.; RIOS-FUSTER, B.; MORATÓ, M.; CAPÓ, X.; DEUDERO, S. Breaking the paradigm: Marine sediments hold two-fold microplastics than sea surface waters and are dominated by fibers. **Science of The Total Environment**, v. 858, parte 1, p. 159722, 1 fev. 2023.

FERREIRA, A. T. S.; OLIVEIRA, R. C.; SIEGLE, E.; RIBEIRO, M. C. H.; ESTEVES, L. S.; KUZNETSOVA, M.; DIPOLD, J.; FREITAS, A. Z.; WETTER, N. U. Microplastic deposits prediction on urban sandy beaches: Integrating remote sensing, GNSS positioning, μ -Raman spectroscopy, and machine learning models. **Microplastics**, v. 4, n. 1, p. 12, 2025.

FENN, O. J.; WALKLETT, E. J.; TURNER, A. Relationships between sediment size distribution and microplastic abundance and characteristics along the strandline of a sandy embayment (Whitsand, Southwest England). **Marine Pollution Bulletin**, v. 213, p. 117686, abr. 2025.

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine Pollution Bulletin**, v. 138, p. 145–147, 2019. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.

HARRIS, P. T. The fate of microplastic in marine sedimentary environments: A review and synthesis. **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 111398, set. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X20306171>.

HAU, P. V. Rethinking single-use plastic (SUP): Behavioural insights and lessons from a developing nation. **Environmental Challenges**, v. 17, p. 101052, dez. 2024.

HEARD, M. J. Assessing the relationship between urbanization and plastic litter on sandy beaches in California, USA. **Regional Studies in Marine Science**, v. 76, p. 103603, dez. 2024.

JAIKUMAR, I. M.; TOMSON, M.; MEYYAZHAGAN, A.; BALAMURALIKRISHNAN, B.; BASKARAN, R.; PAPPUSWAMY, M.; KAMYAB, H.; KHALILI, E.;

FARAJNEZHAD, M. A comprehensive review of microplastic pollution in freshwater and marine environments. **Green Analytical Chemistry**, v. 12, p. 100202, mar. 2025.

JONES, J. S.; GUÉZOU, A.; MEDOR, S.; NICKSON, C.; SAVAGE, G.; ALACRÓN-RUALES, D.; GALLOWAY, T. S.; MUÑOZ-PÉREZ, J. P.; NELMS, S. E.; PORTER, A.; THIEL, M.; LEWIS, C. Microplastic distribution and composition on two Galápagos island beaches, Ecuador: Verifying the use of citizen science derived data in long-term monitoring. **Environmental Pollution**, v. 311, p. 120011, 15 out. 2022.

JONES-WILLIAMS, K.; ROWLANDS, E.; PRIMPKE, S.; GALLOWAY, T.; COLE, M.; WALUDA, C.; MANNO, C. Microplastics in Antarctica - A plastic legacy in the Antarctic snow? **Science of The Total Environment**, v. 966, p. 178543, 25 fev. 2025.

KOOI, M.; KOELMANS, A. A. Simplifying microplastic via continuous probability distributions for size, shape, and density. **Environmental Science & Technology Letters**, v. 6, n. 9, 17 jul. 2019.

LEBRETON, L.; VAN DER ZWET, J.; DAMSTEEG, J. W.; SLAT, B.; ANDRADY, A.; REISSER, J. River plastic emissions to the world's oceans. **Nature Communications**, v. 8, p. 15611, 2017.

LI, Y.; LU, Z.; ZHANG, X.; WANG, J.; ZHAO, S.; SHEN, J.; DONG, L.; GAO, Y.; YANG, Y.; CUI, H.; YANG, Y. Microplastics in surface seawater of Kongsfjorden, Svalbard, Arctic. **Environmental Technology & Innovation**, v. 36, p. 103819, nov. 2024.

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The state of the world's beaches. **Scientific Reports**, v. 8, art. 6641, 2018.

MARINHO, A. S.; MEIRA, S. A.; RABELO, F. D. B.; SILVA, E. V. Do rio ao mar: análise do complexo estuarino do rio Cocó diante aos históricos impactos socioambientais. **Revista GeoUECE**, v. 8, n. 14, 2019.

MARTÍ, E.; MARTIN, C.; GALLI, M.; ECHEVARRÍA, F.; DUARTE, C. M.; CÓZAR, A. The colors of the ocean plastics. **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 11, May 11, 2020.

MAZURKIEWICZ, M.; MARTÍNEZ, P. S.; KONWENT, W.; DEJA, C.; KOTWICKI, L.; WĘSŁAWSKI, J. M. Plastic contamination of sandy beaches along the southern Baltic – a one season field survey results. **Oceanologia**, v. 64, n. 4, p. 769-780, out./dez. 2022.

MEIJER, L. J. J.; VAN EMMERIK, T.; VAN DER ENT, R.; SCHMIDT, C.; LEBRETON, L. More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. **Science Advances**, v. 7, n. 18, 30 abr. 2021.

MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021.

MOURA, I. J. M.; SANTOS, D. F. dos; PINHEIRO, F. G. de M.; OLIVEIRA, C. J. de. Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, ed. especial SIC, p. 03-07, 2015.

NIU, Z.; CURTO, M.; LE GALL, M.; DEMEYER, E.; ASSELMAN, J.; JANSSEN, C. R.; DHAKAL, H. N.; DAVIES, P.; CATARINO, A. I.; EVERAERT, G. Accelerated fragmentation of two thermoplastics (polylactic acid and polypropylene) into microplastics after UV radiation and seawater immersion. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 271, p. 115981, fev. 2024.

NOLASCO, M. E.; LEMOS, V. S.; FLORES, G. L.; SOARES, S. A.; FEITOSA, J.; ARAÚJO, B. S.; AYALA, A. P.; DE AZEVEDO, M. M.; SANTOS, F. E.; CAVALCANTE, R. M. Morphology, Chemical Characterization and Sources of Microplastics in a Coastal City in the Equatorial Zone with Diverse Anthropogenic Activities (Fortaleza city, Brazil). **Journal of Polymers and the Environment**, v. 30, n. 7, p. 2862–2874, 19 jul. 2022.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C.

Microplastics: Contaminants of global concern in the Anthropocene. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1968–1989, 2018.

PENG, X. *et al.* Microplastics contaminate the deepest part of the world's ocean.

Geochemical Perspectives Letters, v. 9, p. 1–5, 2018

PEGADO, T.; ANDRADES, R.; NOLETO-FILHO, E.; FRANCESCHINI, S.; SOARES, M.;

CHELAZZI, D.; RUSSO, T.; MARTELLINI, T.; BARONE, A.; CINCINELLI, A.;

GIARRIZZO, T. Meso- and microplastic composition, distribution patterns and drivers: A snapshot of plastic pollution on Brazilian beaches. **Science of the Total Environment**, v. 907, p. 167769, 10 jan. 2024.

PINHEIRO, L.d.S; MORAIS, J.O; MAIA, L.P. The beaches of Ceará. In: Short, A., Klein, A.

(eds) Brazilian Beaches Systems. **Coastal Research Library**, vol 17. Springer, Cham. 2016.

ROCHMAN, Chelsea M. *et al.* Rethinking Microplastics as a Diverse Contaminant Suite.

Environmental Toxicology and Chemistry, v. 38, n. 4, p. 703–711, 2019.

RODRIGUES, C.; RODRÍGUEZ, Y.; FRIAS, J.; CARRIÇO, R.; SOBRAL, P.; ANTUNES,

J.; DUNCAN, E. M.; PHAM, C. K. Microplastics in beach sediments of the Azores archipelago, NE Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 196, 2024.

SALEHI, M.; PINCUS, L. N.; DENG, B.; PETERS, C. A. Microplastics: From intrinsic

properties to environmental fate. **Environmental Engineering Science**, v. 41, n. 11, 4 nov. 2024.

SCHMIDT, C.; KÜHNEL, D.; MATERÍĆ, D.; STUBENRAUCH, J.; SCHUBERT, K.; LUO,

A.; WENDT-POTTHOFF, K.; JAHNKE, A. A multidisciplinary perspective on the role of plastic pollution in the triple planetary crisis. **Environment International**, v. 193, p. 109059, nov. 2024.

SIMANTIRIS, N.; VARDAKI, M. Z. A systematic review and scientometrics analysis on microplastic pollution on coastal beaches around the globe. **Continental Shelf Research**, v. 286, p. 105424, mar. 2025.

TASNIM, J.; AHMED, M. K.; HOSSAIN, K. B.; ISLAM, M. S. Spatiotemporal distribution of microplastic debris in the surface beach sediment of the southeastern coast of Bangladesh. **Heliyon**, v. 9, n. 11, e21864, nov. 2023.

TRUSLER, M. M.; MOSS-HAYES, V. L.; COOK, S.; LOMAX, B. H.; VANE, C. H. Microplastics pollution in sediments of the Thames and Medway estuaries, UK: Organic matter associations and predominance of polyethylene. **Marine Pollution Bulletin**, v. 208, p. 116971, nov. 2024.

URBAN-MALINGA, B.; ZALEWSKI, M.; JAKUBOWSKA, A.; WODZINOWSKI, T.; MALINGA, M.; PAŁYS, B.; DĄBROWSKA, A. Microplastics on sandy beaches of the southern Baltic Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 155, p. 111170, jun. 2020.

VERMEIREN, P.; IKEJIMA, K.; UCHIDA, Y.; MUÑOZ, C. C. Microplastic distribution among estuarine sedimentary habitats utilized by intertidal crabs. **Science of the Total Environment**, v. 866, p. 161400, 25 mar. 2023.

WU, P.; HUANG, J.; ZHENG, Y.; YANG, Y.; ZHANG, Y.; HE, F.; CHEN, H.; QUAN, G.; YAN, J.; LI, T.; GAO, B. Environmental occurrences, fate, and impacts of microplastics. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 184, p. 109612, 30 nov. 2019.

XU, B.; LIU, F.; CRYDER, Z.; HUANG, D.; LU, Z.; HE, Y.; WANG, H.; LU, Z.; BROOKES, P. C.; TANG, C.; GAN, J.; XU, J. Microplastics in the soil environment: Occurrence, risks, interactions and fate – A review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 2019.

ZHAO, S.; ZHU, L.; LI, D. Microplastic in three urban estuaries, China. **Environmental Pollution**, v. 206, p. 597-604, 2015.

ZUMSTEIN, M. T.; NARAYAN, R.; KOHLER, H.-P. E.; MCNEILL, K.; SANDER, M. Dos and do nots when assessing the biodegradation of plastics. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 17, p. 9967–9969, 2019.