



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS
TROPICAIS**

YASMIN DI PAULA TEIXEIRA OLIVEIRA

**ANÁLISES DE MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS DA ILHA DE MOSQUEIRO,
PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL**

**BELÉM
2024**

YASMIN DI PAULA TEIXEIRA OLIVEIRA

**ANÁLISES DE MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS DA ILHA DE MOSQUEIRO,
PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Área de concentração: Ecologia aquática

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria de Lourdes Sousa Santos.

**BELÉM
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O48a Oliveira, Yasmin di Paula Teixeira
 Análises de microplásticos em praias da ilha de mosqueiro, Pará, Amazônia, Brasil / Yasmin di Paula Teixeira Oliveira. - 2025.
 64 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2025.
 Orientador: Profa. Dra. Maria de Lourdes Souza Santos
1. Partículas. 2. Problemas ambientais. 3. Resíduos. I. Santos, Maria de Lourdes Souza, *orient.* II. Título

YASMIN DI PAULA TEIXEIRA OLIVEIRA

ANÁLISES DE MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS DA ILHA DE MOSQUEIRO, PARÁ,
AMAZÔNIA, BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.
Área de concentração: Ecologia aquática
Orientadora: Prof^a. Dra. Maria de Lourdes Sousa Santos.

Data da aprovação: 27/12/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARIA DE LOURDES SOUZA SANTOS**
Data: 29/09/2025 09:17:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Maria de Lourdes Souza Santos (Orientador) Universidade Federal
Rural da Amazônia - UFRA

Documento assinado digitalmente
 **MAAMAR EL ROBRINI**
Data: 23/09/2025 14:00:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dr^o. Maamar El Robrini (Primeiro examinador) Universidade Federal do
Pará - UFPA

Documento assinado digitalmente
 **MAURICIO WILLIANS DE LIMA**
Data: 26/09/2025 03:14:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dr^o. Maurício Willians de Lima (Segundo examinador) Universidade
Federal Rural da Amazônia - UFRA

Documento assinado digitalmente
 **ISRAEL HIDENBURGO ANICETO CINTRA**
Data: 29/09/2025 08:54:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dr^o. Israel Hidenburgo Aniceto Cintra (Terceiro examinador) Universidade
Federal Rural da Amazônia - UFRA

À minha família e amigos por todo apoio, motivação e incentivo para que eu pudesse desenvolver este projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por iluminar meu caminho nos momentos difíceis, dando-me força e coragem para prosseguir por esta jornada.

À minha mãe, Maria Teixeira, por todo amor, incentivo e apoio para que eu chegasse até aqui. Ao meu pai, Paulo Oliveira, por toda a ajuda e cuidado durante todos esses anos, vocês têm todo o meu amor.

Aos meus irmãos, Paula Oliveira, Gabriel Ferreira e Miguel Ferreira por me ensinarem a amar, dividir e lutar, obrigada por fazerem parte da minha vida.

Ao meu noivo, Felipe Júnior, por me ajudar na realização deste trabalho, por sempre estar ao meu lado, me incentivando a nunca desistir, obrigada por cada palavra de apoio, pela paciência, compreensão e por dividir comigo todos os momentos bons e ruins pelos quais passei para chegar até aqui.

À minha filha Yanka Oliveira, que me deu forças para continuar mesmo quando a exaustão do dia tomava conta, saiba que foi tudo por você.

À minha orientadora Dra. Maria de Lourdes por todo apoio, compreensão, dedicação e ótima orientação durante esses dois anos de mestrado, serei eternamente grata.

Ao Laboratório de Análises Químicas e LAGEOC – Laboratório de Geologia Oceânica da UFPA onde foram feitas as análises e tive todo o suporte necessário de seus técnicos para que a pesquisa fosse concluída.

Ao professor Maamar El Robrini por dedicar seu tempo e ceder seu laboratório para que eu pudesse iniciar minhas análises e por me ajudar com ideias e material para a dissertação.

E por fim, à todas as pessoas que me ajudaram direta ou indiretamente na concretização deste projeto.

“O que sabemos é uma gota; o
que ignoramos é um oceano.”
Isaac Newton

RESUMO

Os microplásticos são fragmentos de plástico cuja dimensão não ultrapassa os 5 mm. A poluição por materiais plásticos nos oceanos, principalmente por itens de plástico inferiores a 5 mm, denominados de microplásticos (MPs), é um problema ambiental onipresente. Esférulas de plástico virgem (pellets) e partículas de plástico utilizadas pelas indústrias, são definidas como microplásticos primários e chegam ao ambiente marinho pela perda durante a sua cadeia produtiva e através do despejo de águas residuais. MPs secundários resultam da fragmentação de plásticos maiores, devido ao processo de degradação físico-química. As praias são ambientes sedimentares onde há acúmulo de materiais e, como tais, são hot spots de contaminação por plásticos. Este estudo busca avaliar quantitativamente os MPs, classificar quais os tipos de plástico predominam e caracterizar sua composição química, em praias arenosas localizadas na ilha de Mosqueiro, PA – Brasil, tendo em vista que ainda não existem estudos voltados para essa temática nesta região. As amostras de sedimento foram obtidas durante o ano de 2022, nos meses de Outubro e Dezembro nas praias do Chapéu Virado e Marahu localizadas na Ilha de Mosqueiro. A coleta foi realizada ao longo da linha de preamar, em cada praia foram amostrados 10 quadrantes, compondo assim 10 amostras independentes em cada praia, onde cada uma esteve distante 20m da outra, coletadas superficialmente, a uma profundidade de 1 cm. Após a coleta as amostras foram transportadas para o Laboratório de Análises Químicas onde foram feitas sua secagem em estufa a 60° C, posteriormente a flotação com a utilização de solução de $ZnCl_2$ para separar os MP's da areia por meio da diferença de densidades, em seguida foi feita a filtragem a vácuo usando filtros de fibra de vidro onde os MP's ficaram retidos e por fim a classificação em lupa com aumento de 40x. Foram encontrados microplásticos em todos os 40 pontos amostrados, onde foram identificados 1245 Microplásticos (MPs) classificados como secundários, sendo 1241 unidades (un.) de filamentos e 4 un. de fragmentos. A praia do Marahú apresentou maior quantidade de partículas de MP's em comparação com a praia do Chapéu Virado. A hidrodinâmica local pode exercer influência na deposição de microplásticos e também pode ser responsável pelo transporte destes para regiões adjacentes.

PALAVRAS-CHAVE: Partículas; problema ambiental; resíduos.

ABSTRACT

Microplastics are fragments of plastic whose size does not exceed 5 mm. Plastic pollution in the oceans, mainly plastic items smaller than 5 mm, called microplastics (MPs), is a ubiquitous environmental problem. Virgin plastic spherules (pellets) and plastic particles used by industries are defined as primary microplastics and reach the marine environment through loss during their production chain and through the discharge of wastewater. Secondary MPs result from the fragmentation of larger plastics, due to the physicochemical degradation process. Beaches are sedimentary environments where materials accumulate and, as such, are hot spots for plastic contamination. This study seeks to quantitatively evaluate MPs, classify which types of plastic predominate and characterize their chemical composition, on sandy beaches located on the island of Mosqueiro, PA – Brazil, considering that there are still no studies focused on this topic in this region. The sediment samples were obtained during the year 2022, in the months of October and December on the beaches of Chapéu Virado and Marahu located on Ilha de Mosqueiro. The collection was carried out along the high tide line, on each beach 10 quadrants were sampled, thus composing 10 independent samples on each beach, where each was 20 m away from the other, collected superficially, at a depth of 1 cm. After collection, the samples were transported to the Chemical Analysis Laboratory where they were dried in an oven at 60° C, followed by flotation using a ZnCl₂ solution to separate the MP's from the sand through the difference in densities, then it was vacuum filtration was carried out using fiberglass filters where the MP's were retained and finally classification under a magnifying glass with 40x magnification. Microplastics were found in all 40 sampled points, where 1245 Microplastics (MPs) classified as secondary were identified, 1241 units (units) of filaments and 4 units. of fragments. Marahú beach had a higher quantity of PM particles compared to Chapéu Virado beach. Local hydrodynamics can influence the deposition of microplastics and can also be responsible for their transport to adjacent regions.

KEYWORDS: Particles; environmental problem; was

LISTA DE FIGURAS
CAPÍTULO 1 - ANÁLISES DE MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS DA ILHA DE
MOSQUEIRO, PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL

Figura 1: Mapa da área de estudo na Ilha de Mosqueiro.....	24
Figura 2: Pontos de coleta das Praias do Chapéu Virado e Marahú.....	29
Figura 3: Esquema para análise laboratorial de microplástico em amostras de areia, de acordo com a metodologia de Couceiro (2019).....	31

CAPÍTULO 2 - ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS EM AREIA
DAS PRAIAS DO MARAHÚ E CHAPÉUVIRADO NA ILHA DE MOSQUEIRO,
PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL.

Figura 1: Mapa da área de estudo.....	48
Figura 2: Tipos de Microplásticos encontrados, A- Filamentos vermelho e azul, B- Filamento azul, C - Fragmento vermelho, D – Fragmentos vermelhos e azuis e filamento vermelho, E – Filamentos azuis, F – Filamento azul.....	51
Figura 3: Quantidade de microplásticos encontrados no sedimento arenoso de cada praia.....	51
Figura 4: Quantidades de MP's encontrados por mês.....	53
Figura 5: Pesos mínimos e máximos de MP's.....	54

LISTA DE SIGLAS

ENE	Leste-nordeste
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LAGEOC	Laboratório de Geologia Oceânica
LDPE	Polietileno de baixa densidade
MPs	Microplásticos
NE- SW	Nordeste - Sudoeste
PA	Poliamida
PAHs	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
PCBs	Bifenilos Policlorados
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PET	Polietileno tereftalato
POPs	Poluentes Orgânicos Persistentes
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de vinil
RY	Raiom
UV	Ultravioleta
ZnCl ₂	Cloreto de Zinco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - ANÁLISES DE MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS DA ILHA DE MOSQUEIRO, PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL	12
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. HIPÓTESES	15
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 Microplástico e seus impactos	16
4.2 Composição dos microplásticos.....	17
4.3 Classificação dos microplásticos.....	18
4.4 Microplásticos primários e secundários	19
4.5 Microplástico nos sedimentos arenosos das praias do Brasil	20
4.6 Degradação.....	21
4.7 Legislação	22
5. MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1 Área de estudo.....	24
5.1.1 Praia do Chapéu Virado.....	26
5.1.2 Praia do Marahú.....	26
5.1.3 Clima	27
5.1.4 Relevo.....	27
5.1.5 Vegetação	27
5.1.6 Hidrogeologia	27
5.1.7 Ondas	28
5.2 Amostragem	28
5.3 Teste de Recuperação	30
5.4 Preparo	31
5.5 Secagem	32
5.6 Flotação	32
5.7 Filtragem	32
5.8 Classificação dos microplásticos.....	33
5.9 Peso dos microplásticos	33
6. REFERÊNCIAS	34

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS EM AREIA DAS PRAIAS DO MARAHÚ E CHAPÉU VIRADO NA ILHA DE MOSQUEIRO, PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL	43
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAIS E MÉTODOS	47
2.1 Área de estudo.....	47
2.2 Amostragem	48
2.3 Secagem	49
2.4 Flotação com solução de $ZnCl_2$	49
2.5 Filtragem	49
2.6 Classificação	50
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4. CONCLUSÕES.....	57
5. AGRADECIMENTOS.....	58
6. REFERÊNCIAS	58

CAPÍTULO 1

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A produção massiva de plástico, impulsionada pela sua acessibilidade financeira e versatilidade de uso, emerge como um fator fundamental do problema, contribuindo para sua disseminação global. (OLIVEIRA, 2023). Estima-se que foram produzidos 6,3 bilhões de toneladas de resíduos plásticos entre a década 1950 até 2015 (MONTAGNER *et al.*, 2021). Dados da produção mundial de resinas e de transformados plásticos, obtidos em 2020, totalizaram em 367 e 373 milhões de toneladas (ABIPLAST, 2021). Se a produção de plásticos continuar acelerada, a previsão é que até 2050, aproximadamente 12 bilhões de toneladas de fragmentos plásticos serão lançados nos ecossistemas e serão convertidos em microplásticos (MONTAGNER *et al.*, 2021). A grande quantidade de microplásticos poderá ocasionar efeitos adversos nos seres vivos como: bioacumulação, biomagnificação, perfuração em órgãos do sistema respiratório e digestivo e falsa saciedade (CASTRO *et al.*, 2018; BRUZACA *et al.*, 2022). Estudos recentes realizados em ambientes litorâneos brasileiros evidenciam a presença de microplásticos em organismos marinhos e também, investigam efeitos toxicológicos em peixes (AMORIN *et al.*, 2020; ARAÚJO *et al.*, 2022), comunidades planctônicas (SILVA, *et al.*, 2022) e bivalves (BOM, BRITO e SÁ, 2022; BOM, BRITO e SÁ, 2022).

Grandes quantidades de detritos plásticos são consistentemente encontradas em ambientes aquáticos, incluindo praias, águas oceânicas, sedimentos do fundo do mar, lagos de água doce e afluentes causados principalmente pela má gestão de resíduos (JAYASIRI *et al.*, 2013; BALLENT *et al.*, 2016).

São considerados microplásticos (MPs) as partículas de polímeros menores que 5 mm, podem ser classificados quanto à natureza como primários: que são aqueles produzidos em pequenos tamanhos em formulações e processos industriais, e MPs secundários são os que sofreram fragmentação a partir de materiais plásticos maiores, após o seu descarte. Os fragmentos são resultantes da degradação através da combinação de fatores físicos (abrasão mecânica originada das ondas, ventos e marés), químicos (degradação hidrolítica, térmica e fotodegradação por meio da radiação ultravioleta) e mediante a ação microbiana (OLIVATTO *et al.*, 2018; STOCK *et al.*, 2019; GIMILIANI, 2021 LARA, 2022).

Em praias, os resíduos de plástico estão expostos a ondas, a fauna selvagem, e quantidades significativas de calor e frio e luz solar. O sedimento de praias e de águas profundas, são importantes sumidouros de microplásticos a longo prazo (CÓZAR *et al.*, 2014), tendendo a acumulá-los no ambiente (NUELLE *et al.*, 2014). Nas praias, a deposição e a retenção dos microplásticos depende da sua composição e do seu grau de degradação (BESLEY *et al.*, 2017).

Os microplásticos ocorrem em uma variedade heterogênea de formas e tamanhos (HIDALGO-RUZ *et al.*, 2012; WRIGHT *et al.*, 2013) como esferas, pellets, fragmentos irregulares, filamentos, filme, plástico espumado, grânulos e fibras no ambiente aquático.

Vários estudos têm mostrado que microplásticos podem ser ingeridos por diferentes organismos marinhos, como zooplâncton (MOORE, 2008), mexilhões (BROWNE *et al.*, 2008), poliquetas (BESSELING *et al.*, 2013) e uma variedade de peixes (LUSHER, *et al.*, 2013; ALOMAR, *et al.*, 2017).

O microplástico é dificilmente visto a olho nu e se mistura na areia e dificulta o reconhecimento (ANDRADY, 2011). Esses fragmentos plásticos podem agir como vetores de contaminantes químicos; os quais são consumidos por organismos marinhos e em seguida esses seres são consumidos por seus predadores e os microplásticos vão subindo na cadeia trófica (LI, *et al.*, 2016).

Muitos são os motivos para estudar os microplásticos e seus impactos no meio ambiente, visto que eles já são encontrados em diversos lugares do mundo (BARLETTA; COSTA, 2015; LIMA, *et al.*, 2016; ZHANG, *et al.*, 2017), inclusive nos ambientes marinhos do Brasil e até mesmo na Antártica (COSTA, *et al.*, 2010; CARVALHO; NETO, 2016; NETO, *et al.*, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar a presença de microplásticos nos sedimentos arenosos das Praias da Ilha de Mosqueiro, Chapéu Virado e Marahú.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar quantitativamente os microplásticos nas áreas de estudo;
- Caracterizar quais os tipos de microplásticos (*pellets*, fragmentos, etc) predominam nas praias arenosas estudadas;
- Estimar os pesos dos microplásticos da areia das praias;
- Avaliar a taxa de recuperação da análise empregada

3. HIPÓTESES

H1: Existe diferença na quantidade de MP's nas praias da Ilha de Mosqueiro? Por serem praias distantes uma da outra e apresentarem diferentes movimentações de pessoas.

H2: A praia com menor quantidade de turista irá ter menor quantidade de MP's? Sendo esperado uma relação entre o fluxo de pessoas e a quantidade de MP's

H3: Quais os tipos de MP's existem nas areias das praias da Ilha de Mosqueiro? Serão influenciados pela hidrodinâmica local

H4: Existem trabalhos de MP's nas areias das praias do Estado do Pará? Tendo em vista que é um tema considerado novo mas que já existem diversos estudos em vários lugares do mundo.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Microplástico e seus impactos

O termo “microplástico” apareceu, pela primeira vez, em 1968 numa publicação feita pelo Laboratório de Materiais das Forças Aéreas dos Estados Unidos da América para descrever a deformação sofrida pelos plásticos como resposta à aplicação de uma força externa (CRAWFORD e QUINN, 2017). Em 1972, foi reportado pela primeira vez, vastas quantidades de pequenas partículas de plástico a flutuar na superfície do mar da Saragoça, que foram denominadas na altura de “partículas de plástico”. Contudo, só em 2004 é que foi introduzida uma definição de microplásticos, partículas de plásticos de tamanho inferior a 5 mm na sua maior dimensão, pela Administração Nacional do Oceano e da Atmosfera (NOAA), que ainda vigora nos dias de hoje (CRAWFORD e QUINN, 2017).

O plástico propiciou inúmeros avanços tecnológicos, como o isolamento térmico nos materiais plásticos que diminuem o consumo de energia; conservação de alimentos mais eficiente com a utilização de películas de plásticos; no menor peso e custo na fabricação de automóveis e assim por diante. Contudo, o uso desenfreado desses polímeros e sua má gestão constituiu em intensos impactos negativos na biota (MARTINS, 2020).

No Brasil, a produção de plástico cresceu cerca de 25% entre os anos de 2014 a 2018, sendo produzidas 8,3 milhões de toneladas de plástico em 2018, o que representa 57% do total produzido na América do Sul. Entre os setores com maior emprego do plástico estão os segmentos da construção civil e de embalagens para alimentos, os quais representam cerca de 43% da produção total (ABIPLAST, 2019).

Para Carvalheiro *et al.* (2022), as principais fontes de poluição por microplástico (MPs) vem da indústria, majoritariamente com o despejo inadequado de matérias-primas da produção de plástico. Estudos e pesquisas atestam a contaminação por MPs tanto na biota aquática quanto terrestre, além de terem sido identificados também em alimentos, bebidas e até no ar.

A presença de materiais plásticos no meio ambiente tem impacto direto nos animais. Os primeiros estudos sobre a ingestão de plásticos por animais datam 1960, em que partículas de plásticos foram encontradas em espécies marinhas como pássaros, tartarugas, peixes e mamíferos. Atualmente mais de 1565 espécies foram identificadas pela ingestão de plásticos, dados estes que incluem estudos realizados com 1288 espécies marinhas e 277 espécies terrestres e de água doce (JAMBECK *et al.*, 2015). De acordo com

Baptista-Neto (2022), no decurso do seu transporte em corpos d'água, os MPs vão sendo fracionados até alcançar uma medida suficiente para serem vinculados a sedimentos, podendo assim servir de alimento para peixes bentônicos (invertebrados que consomem sedimentos), tal como a associação de MPs a plantas que podem ser ingeridas por aves. Os plásticos podem ocasionar tanto danos físicos quanto toxicológicos aos animais (PUSKIC *et al.*, 2020). O dano físico está relacionado a ingestão e consequentemente morte do animal ocasionado tanto pela falsa sensação de saciedade, bem como injúrias no sistema gastrointestinal (ROMAN *et al.*, 2019). Ademais, a presença de materiais plásticos no meio ambiente pode levar à morte de animais devido emaranhamento e sufocamento. Outros impactos mencionados pela ingestão de plástico são, por exemplo, a diminuição da condição corporal, crescimento e desenvolvimento dos animais. Por outro lado, o dano toxicológico está relacionado à difusão de aditivos e outros contaminantes químicos sorvidos nos materiais plásticos para o animal (LAVERS *et al.*, 2014).

Um estudo realizado por Guimarães *et al.* (2021), fizeram a exposição a curto prazo de peixe-zebra juvenis frente a microplásticos envelhecidos sobre condições ambientais simuladas e observaram neurotoxicidade induzida e citotoxicidade para os espécimes avaliados

Outra evidência dos efeitos da poluição causada pelos plásticos foi referida por Patricia *et al.* (2013), após ter realizado uma investigação levada a cabo numa das ilhas do Havai onde descobriu um novo tipo de rocha, que denominou de “plastiglomerate”. Esta rocha foi analisada e verificou-se que possuía na sua constituição detritos orgânicos, grãos de rochas sedimentares e plástico derretido (CRAWFORD; QUINN, 2017).

4.2 Composição dos microplásticos

Os polímeros mais utilizados e consequentemente mais descartados pelo ser humano, são o Polietileno (PE) – baixa e alta densidade, Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Tereftalato de Polietileno (PET) e Policloreto de Vinila (PVC), sendo chamados de commodities devido a produção em grande escala e as suas diferentes aplicações (IVAR DO SUL, 2014; ABIPLAST, 2019).

O PE é amplamente utilizado como material primário em garrafas plásticas, sacos, filmes etc., e geralmente se origina de embalagens e quebras de plásticos rígidos. Por outro lado, os PP apresentam baixa resistência aos raios UV e baixa resistência à oxidação, também são usados para fabricar diversas ferramentas plásticas (roupas esportivas),

móveis (revestimentos têxteis, carpetes e tapetes), tubos e redes de pesca, devido à suas propriedades químicas e mecânicas únicas (ANDRADY, 2017).

O (Poli)tereftalato de etileno (PET) está presente em diversos materiais como garrafas para água e bebidas, recipientes para produtos de limpeza etc. (SOARES, 2020). Este tipo de plástico apresenta diversas qualidades, tais como excelente resistência a altas temperaturas, rápida capacidade de processamento, estabilidade química, baixa permeabilidade a gases, brilho, leveza e um custo de produção acessível (ARAO, 2016). Polímeros como o PVC, tendem a afundar, devido a sua alta densidade, acumulando-se em sedimentos bentônicos, é um exemplo de plástico constituinte de tubulações de água e esgoto, brinquedos, embalagens para água mineral e remédios etc. Destaca-se por sua rigidez, impermeabilidade, resistência à temperatura e transparência, enquanto que os de menor densidade (PE e PP), flutuam na coluna de água, podendo viajar a longas distâncias, longe de sua fonte de origem (AVIO *et al.*, 2016)

4.3 Classificação dos microplásticos

Fazem parte das análises físicas a classificação por cor, o formato e o tamanho dos microplásticos. Cada uma dessas classificações possuem um importante papel para o entendimento da presença das partículas no ambiente e para o compreender o seu mecanismo de ação e vias de toxicidade. A morfologia dos microplásticos, por exemplo, é uma propriedade fundamental de ser caracterizada para a compreensão dos fenômenos de transporte dessas partículas no ambiente (RUBIN; KUMAR; ZUCKER, 2021). A cor é um possível indicativo da origem do material e o tamanho e o formato da partícula são fatores decisivos para o estabelecimento de níveis de toxicidade para a biota

Os tipos de microplásticos são identificados visualmente, se necessário, utiliza-se microscópio ou lente de aumento, podem ser classificados em fragmentos rígidos, fibras, pellets, espumas (são comprimidos quando pressionados com os dedos) e filmes (VÁZQUEZ *et al.*, 2020). No ambiente, os tipos de partículas plásticas mais encontradas são de microfibras (JUNAID *et al.*, 2022).

As fibras são semelhantes a fios ou filamentos, sendo flexíveis, delgadas, com superfície lisa ou rugosa e extremidades bem definidas ou serrilhadas (ROCHMAN *et al.*, 2019). São altamente resistentes à degradação, possuem alta superfície específica e baixa velocidade de sedimentação (WALDSCHLÄGER & SCHÜTTRUMPF, 2019). São compostas principalmente por LDPE, monofilamentos de PP, poliestireno (PS) e raiom

(RY) (YANG *et al.*, 2023).

Já os fragmentos são rígidos e extremamente diversificados quanto à forma, podendo ser redondos, subarredondados, angulares ou subangulares (PAPPIS *et al.*, 2021). De modo geral, os fragmentos são resultantes da degradação e do retrabalhamento de corpos plásticos maiores, compostos principalmente por polietileno (PE) e polipropileno (PP), que são polímeros amplamente utilizados na produção de sacolas, copos plásticos e outros itens descartáveis que podem adentrar na massa d'água facilmente em função da disposição irregular de resíduos sólidos urbanos (LENAKER ET AL., 2019; YANG *et al.*, 2023).

As espumas são macias, compressíveis e geralmente vêm de polímeros como o cloreto de polivinila expandido, que é muito utilizado na construção civil (ROCHMAN *et al.*, 2019; LUSHER *et al.*, 2020). Já os filmes são planos, finos, maleáveis e sujeitos a dobras e enrugamentos, sendo associados a várias fontes que contêm PVC e tereftalato de etileno (PET), como embalagens e sacolas plásticas (YANG *et al.*, 2023). Os pellets, por fim, apresentam tamanhos entre 3 e 5 mm e podem ser tanto arredondados quanto cilíndricos. Adentram no meio ambiente a partir de efluentes descartados pelas indústrias e residências, ou acidentalmente ao longo do seu transporte, podendo se depositar longe da sua fonte de origem (SCHNEIDER, 2018; PAPPIS *et al.*, 2021).

4.4 Microplásticos primários e secundários

A classificação dos MPs entre primários e secundários é definida de acordo com a finalidade do material em questão, bem como o modo como ele foi inserido no meio terrestre/aquático (CARVALHO, 2022). Os microplásticos são classificados, de acordo com a fonte pela qual tiveram origem, em microplásticos primários ou microplásticos secundários (CRAWFORD; QUINN, 2017). Os microplásticos primários são partículas de plástico propositadamente fabricadas para aplicações específicas. Um dos exemplos é a produção de microesferas para a indústria de cosmética e atividades de decapagem mecânica. Para além disso, os microplásticos podem ser usados como matérias-primas (ex. pellets) para a produção de novos materiais de plástico (JIANG, 2018). Para além destes, as fibras sintéticas também são consideradas como microplásticos primários visto que estas são propositadamente produzidas, em pequenas dimensões, para serem usadas na produção de vestuário (CRAWFORD; QUINN, 2017). Machado *et al.* (2021) consideram que os MPs primários são difundidos no meio ambiente como pequenas partículas de plásticos, podendo

ser decorrentes da abrasão de tecidos têxteis sintéticos, grandes produtos plásticos ou de microesferas presentes em cosméticos sob a forma de *pellets* (pequenos grânulos produzidos em indústrias petroquímicas).

Os microplásticos secundários são aqueles que resultam da fragmentação de plásticos de maiores dimensões. A sua taxa de produção está dependente das características do plástico, do grau de degradação e da energia (ex. térmica, mecânica e química) presente no local (CRAWFORD; QUINN, 2017). São fragmentos fracionados por conta de processos químicos, físicos e biológicos, como a temperatura e a radiação ultravioleta da luz solar que causa a oxidação da base do polímero. Podem ter a forma de filamentos (componentes finos e prolongados) e fragmentos (nacos amorfos) (RANI-BORGES, B.; VICENTE, E.; POMPÊO, M., 2022)

4.5 Microplásticos nos sedimentos arenosos das praias do Brasil.

As regiões costeiras, como as praias brasileiras, apresentam um grande depósito de aproximadamente 85% de lixo marinho e detritos de MPs (CASTRO *et al.*, 2020). São também áreas com bastante atividade humana, com visitas de turistas, moradores da região, comerciantes e pescadores, sendo essas interações uma das fontes desse tipo de poluição para o ambiente marinho. Estudos apontam que os MPs mais encontrados nessas áreas são as microfibras, principalmente as que são liberadas de roupas sintéticas durante a lavagem, e posteriormente eliminadas pelo esgoto doméstico próximo das praias (MISHRA *et al.*, 2019).

Diferentes formas de poluição são estudadas em praias dado o valor ecológico e social desse ambiente. Os poluentes atuam em diferentes escalas espaciais e temporais e incluem uma variedade de materiais antropogênicos que afetam a dinâmica natural das praias. As formas de poluição desse ambiente vão desde a contaminação microbiológica da areia e da água, até a poluição por óleo e por plásticos (SAMARASEKERA, 2017).

A poluição por plásticos, especificamente por microplásticos (plásticos entre 1 e 5 mm) pode ocorrer de forma autóctone (formado na própria praia pelo decaimento de itens maiores) ou alóctone (trazidos dos ambientes adjacentes em várias escalas de distância). Existem diversas formas propostas na literatura de estudo dos microplásticos em praias (HIDALGO-RUZ, *et al.*, 2012; BESLEY, *et al.*, 2017), todas por meio da coleta e tratamento das amostras de areia para contagem e caracterização dos microplásticos.

Podemos encontrar diversos estudos relacionados ao microplástico em praias

brasileiras Fernandes *et al.*, (2021) fizeram uma avaliação da dinâmica do lixo marinho no Complexo Estuarino de Paranaguá, onde os autores esperavam que a composição e as fontes dos rejeitos fossem heterogêneas ao longo do gradiente do estuário, mas o plástico dominava todos os setores. Além disso, a análise da interação entre os metais adsorvidos em pellets coletados em praias do litoral do Estado de São Paulo (VEDOLINA *et al.*, 2017) e a determinação da concentração de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) e bifenilos policlorados (PCBs) associados a pellets coletados ao longo da costa do Atlântico Sul do Brasil (GORMAN *et al.*, 2019).

4.6 Degradação

Em ambientes aquáticos MPs são facilmente transportados devido à elevada persistência, mobilidade e baixa taxa de degradação. Esses materiais são distribuídos e já foram encontrados em estuários, rios, sedimentos, águas profundas dos oceanos e, inclusive, em regiões polares (VIEIRA, 2021).

As propriedades que tornam o plástico tão útil, como a estabilidade e resistência à degradação são as causas que o tornam perigoso para o ambiente. Estes polímeros têm como vantagens a leveza, transparência, impermeabilidade, isolamento térmico, acústico e elétrico, inalterabilidade e alongamento. Como desvantagens apresentam facilidade de combustão, toxicidade dos gases resultantes da combustão, possuem fraca resistência ao calor e elevada eletricidade estática (FRIAS, 2010). Os plásticos são fabricados de modo a suportar uma grande variedade de usos e não são biodegradáveis, embora a fotodegradação e a abrasão mecânica contribuam para a sua degradação por fratura e estilhaçamento (CORCORAN *et al.*, 2009). O envelhecimento do material plástico aumenta a sua capacidade de adsorver poluentes hidrofóbicos, tais como, poluentes orgânicos persistentes (POPs), que se podem concentrar à superfície da água até 500 vezes (WURL & OBBARD, 2004).

Não se sabe quanto tempo os plásticos podem permanecer nos oceanos (RIOS *et al.*, 2007), nem qual é a taxa de degradação e redução de tamanho das partículas que permanecem nos oceanos, mas existem registros de partículas de ~20 µm, (THOMPSON *et al.*, 2004) encontradas nas praias e em ambientes subtidais. Estas dimensões são idênticas às dos itens alimentares de muitas espécies de invertebrados, pelo que as partículas de plástico são potencialmente ingeridas por estas espécies (MOORE, 2008).

Os materiais de plástico de uso único estão hoje largamente difundidos em

múltiplas aplicações no dia-a-dia e, caracterizam-se por serem produzidos para deposição imediata após serem utilizados apenas uma vez (GEYER *et al.*, 2017; MACARTHUR, 2017). De todo o plástico produzido, anualmente, cerca de 33% foi concebido para não ser reutilizado, sendo descartado num período de aproximadamente um mês após a sua produção (GEYER *et al.*, 2017)

As propriedades inerentes dos plásticos (ex. composição química) influenciam largamente a sua presença e persistência no ambiente. Alguns tipos de plástico (ex. PVC) são mais resistentes do que outros quando estão sujeitos aos diversos agentes de degradação (ex. radiação UV). A fase inicial de degradação dos resíduos de plástico ocorre pela ação da radiação UV, resultante da exposição solar. Contudo, quando já não existe exposição solar, a degradação pode continuar por via termo-oxidativa durante algum tempo. Comparativamente aos outros agentes, a radiação UV apresenta a maior magnitude de degradação (ANDRADY, 2011). Em praias, os resíduos de plástico estão expostos a ondas, a fauna selvagem, e quantidades significativas de calor e frio e luz solar. Logo, é expectável que os plásticos nestes locais estejam mais suscetíveis a processos foto-oxidativos e termooxidativos (COUCEIRO, 2019).

Após o seu transporte e a estarem sujeitos a processos de degradação, os plásticos acabam por se fragmentar. Os fragmentos de plástico podem ser extremamente diversos porque podem ser compostos por diferentes polímeros; ter sido originados por diferentes processos de degradação; ter diferentes formas e ter diferentes tamanhos. Os tipos e as quantidades de fragmentos de resíduos de plástico, que se encontram nas praias, dependem de diversos fatores como: a topografia, as correntes oceânicas, a pluviosidade, a proximidade a fontes de resíduos, e as atividades levadas a cabo no local (CORCORAN *et al.*, 2009).

Apesar de ainda não se ter conhecimento sobre a velocidade à qual ocorre a degradação dos plásticos, é irrefutável que estes fragmentos se vão paulatinamente decompondo até formarem fragmentos de menores dimensões, denominados de microplásticos (SAPAE, 2019).

4.7 Legislação

Os MPs estão presentes em todo ambiente e por isso são necessárias medidas que controlem a produção primária e secundária, bem como o uso abusivo pela indústria e consumidores. No Brasil algumas leis proíbem a distribuição gratuita ou a venda de sacolas

plásticas a consumidores em todos os estabelecimentos comerciais. A primeira cidade a abolir a distribuição das sacolas foi a cidade de Belo Horizonte, conforme a lei municipal nº 9.529 de 2008, incentivando à troca por sacolas retornáveis, posteriormente implantada na cidade de São Paulo pela lei municipal 15.374, de 18 de maio de 2011 (60,61). Em 2015, foi aprovada a resolução 55/15 - AMLURB (Autoridade Municipal de Limpeza Urbana), dispondo as especificações técnicas das sacolas bioplásticas reutilizáveis a serem empregadas pelos estabelecimentos comerciais no município de São Paulo, visando alavancar a coleta seletiva e reduzir a quantidade de resíduos encaminhados para os aterros sanitários. Com isso, houve redução em cerca de 70% do uso das sacolas plásticas em supermercados, reduzindo os resíduos gerados e a poluição ambiental (APAS, 2015).

Tramitou no senado Brasileiro o Projeto de Lei 322/2011 que propõe a proibição da utilização, fabricação, importação, comercialização e distribuição de sacolas plásticas que contenham PE, PP e propileno, essa é uma alternativa que poderia reduzir os resíduos de MPs, já que o produto de degradação dos macrolásticos resulta em micropartículas plásticas (BRASIL, 2011). Apesar da legislação criada para minimizar indiretamente os MPs, no Brasil não existe, até o momento, legislação proibindo o uso de micropartículas plásticas em produtos de uso pessoal, bem como à sua retirada durante o tratamento de água realizados pelas companhias de saneamento, uma vez que a portaria nº 2.914, de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde não dispõe sobre nenhum procedimento de controle e vigilância, nem padrão de potabilidade para água contaminadas com essas partículas (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado em duas praias localizadas na ilha de Mosqueiro no estado do Pará, são elas Praia do Chapéu Virado e Praia do Marahú (Figura 1).

Figura 1: Mapa da área de estudo na Ilha de Mosqueiro, destacando a localização das praias do Chapéu Virado e Marahú.



Fonte: A autora (2024)

A ilha de Mosqueiro está situada, aproximadamente ao norte da cidade de Belém entre 01°03' e 01° 05' de latitude Sul e entre 48°29' e 48°18' de longitude Oeste (W) de Greenwich, com altitude média de 15 metros acima do nível do mar. Está situada na microrregião Guajarina em um típico ambiente estuarino com influências marinhas (FURTADO; SILVA-JUNIOR, 2006), se caracteriza por ser fluvial, da costa oriental do rio Pará, no braço sul do rio Amazonas, localizada em frente à baía do Marajó. Sua área é de aproximadamente 213 km², com localização a 70 km do centro da capital Belém. Possui 17 km de praias de água doce associada ao regime de maré (BELÉM, 2022). A ilha apresenta-se como ponto turístico do município de Belém, recebendo visitantes de outros municípios paraenses, principalmente os municípios

próximos, que integram a Região Metropolitana de Belém (RMB).

Apresenta áreas voltadas à moradia da população local, à produção agropecuária e à preservação. Com um número de habitantes residentes nas áreas urbana e rural de 31.394 e 1.838 respectivamente, totaliza uma população de 33.232 habitantes (IBGE, 2010) em seus 19 bairros, e equivale a 2% da população total residente no município de Belém.

Em geral, as praias desta Ilha são curtas e estreitas, formando enseadas, com suas larguras diminuindo em direção as pontas, caracterizando uma orla marcada por sucessivos pontões e enseadas. As praias da Ilha do Mosqueiro apresentam semelhanças, com a sequência estratigráfica local, representada pelos sedimentos do Grupo Barreiras, o qual aflora em muitas praias durante a baixa-mar, e o Pós-Barreiras (SÁ, 1969).

A Ilha do Mosqueiro pode ser subdividida em duas seções fisiográficas principais: (i) terraços aluviais (Pleistoceno) – ao Norte/Nordeste, são as áreas mais elevadas, com altitudes entre 15-25m e representam 2/3 da superfície da ilha. Constituem-se por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos caoliníticos (Costa e El-Robrini, 1992); (ii) planície aluvial de inundação – ao S– SE, sendo periodicamente ou permanentemente inundadas. São áreas planas, com altitudes entre 5 a 10m e constituídas por sedimentos argilosos e siltosos (formação recente, ou Holoceno).

A Ilha de Mosqueiro pertence a uma região dominada por um regime de macromarés, com amplitude de 3,5m durante a sizígia e 1,4m durante a quadratura (DHN, 2018; 2019), que representa um importante parâmetro nas variações morfológicas das praias em curto tempo (VALENTE, 2014), espera-se que em ambientes macromarés, a hidrodinâmica e a mobilidade da praia sejam alteradas com a variação de maré. As marés exercem uma função extremamente importante no transporte de sedimentos no litoral paraense (ALVES, 2001).

Na Ilha do Mosqueiro, as praias apresentam estreitas faixas de pós-praia, com algumas escarpas nesta zona (praias de São Francisco e Marahu), zona de intermaré mais larga e íngreme, caracterizando praias reflectivas, com exceção das praias do São Francisco e Paraíso, de menor declividade, constituindo terraços de maré baixa. A morfologia de algumas praias é marcada pela presença de algumas barras internas (do Ariramba, Marahu, Farol e Chapéu Virado), e barras arenosas no início da zona de inframaré (do Ariramba e Marahu), com granulometria variando desde areia grossa até fina (EL-ROBRINI, 2001). Estas areias de praias apresentam similaridades com a sequência estratigráfica local, representada pelos sedimentos do Grupo Barreiras, o qual aflora em muitas praias durante a baixamar, e os sedimentos Pós-barreiras.

5.1.1 Praia do Chapéu Virado

A Praia do Chapéu Virado está situada no setor leste da Ilha do Mosqueiro, onde apresenta-se como uma faixa de areia de cerca de 620m de extensão e 70m de largura, com declividade acentuada em direção à Baía do Marajó. Seu traçado é retilíneo e orientado segundo a direção NE- SW, onde apresenta a extremidade direita finalizada em um promontório. É composta de areias quartzosas médias moderadamente selecionadas e suas ondas são do tipo mergulhantes ($H_b=0,5m$), apresentando uma única zona de arrebentação próxima da praia (MARGALHO, 2019). El-Robrini (2001) mostra que os sedimentos da praia do Chapéu Virado apresenta variedade granulométrica, com o domínio de areia média, seguida de areia grossa e fina, devendo ocorrer nas praias da Ilha do Mosqueiro, alguma troca de sedimentos entre as mesmas. A predominância de areia média é devido à baixa energia diária de ondas ($h_b = 0,8m$), o que contribui para a não remoção de partículas mais grossas, não havendo nenhum mecanismo para deposição de areia fina entre períodos de maior energia e por não ocorrer, ondas do tipo swell longas planas que normalmente são responsáveis pelo transporte de sedimentos finos.

5.1.2 Praia do Marahú

A Praia do Marahú está situada no setor noroeste da Ilha do Mosqueiro, onde se apresenta como uma faixa de areia de cerca de 1.750m de extensão e 60m de largura, com declividade moderada em direção à Baía do Marajó. Seu traçado é em forma de arco e é orientado segundo a direção NE-SW, onde apresenta a sua zona de supramaré limitada por falésias ativas da Formação Barreiras. É composta de areias quartzosas médias moderadamente selecionadas e suas ondas apresentando uma zona de arrebentação já às proximidades da praia (VALENTE, 2019).

A predominância de areia média é devido à baixa energia diária de ondas ($h_b = 0,8m$), o que contribui para a não remoção de partículas mais grossas, não havendo nenhum mecanismo para deposição de areia fina entre períodos de maior energia e por não ocorrer, ondas do tipo swell longas planas que normalmente são responsáveis pelo transporte de sedimentos finos (EL ROBRINI, 2001)

De acordo com El-Robrini (2001), na Ilha do Mosqueiro, a praia estuarina do Marahu não apresenta uma sazonalidade marcante, registrando assim episódios de erosão (perda de areia) e progradação (ganho de areia) indiferentes às estações do ano.

5.1.3 Clima

Na ilha de Mosqueiro o clima é do tipo Am2 (segundo adaptação da classificação de KÖPPEN) é tropical, super-úmido e quente com média de 26° C ao ano (VASCONCELOS; SOUSA, 2011). A precipitação pluviométrica média anual é de 2.800 mm, com período chuvoso de dezembro a junho e um período de estiagem de julho a novembro. A humidade relativa do ar média é de 90% no período chuvoso e 80% no período de estiagem (INMET, 2023).

Na caracterização do clima feito nesse estudo através da plataforma do INMET (2023) para o ano de 2022, foi encontrada valores de temperatura máxima de 35,6° C e temperatura mínima de 21,6° C e precipitação anual total de 2.900 mm.

5.1.4 Relevo

Na ilha o relevo é plano com cotas máximas de 38 m e mínimas de 2 m correspondendo a pequenas ondulações no relevo e nas planícies. Estudos feitos nas praias identificam o solo como hidromórficos onde apresentam um horizonte B latossólico em perfil profundo onde o teor de argila cresce geralmente em profundidade (SANTOS, 2004). Ao Norte/Nordeste da ilha do Mosqueiro, ocorrem terraços aluviais (sedimentos arenosos, siltosos/argilosos), com 15-25m de altitude e ao Sul/ Sudeste, a planície aluvial de inundação (argilosos/siltosos), com 5-10m de altitude.

5.1.5 Vegetação

De acordo com Costa e Pietrobon (2007), a cobertura vegetal natural da ilha de Mosqueiro é constituída predominantemente por floresta ombrófila densa. A vegetação compõe-se, mais especificamente de floresta de terra firme densa; floresta de terra firme aberta, floresta de várzea; floresta de igapó e manguezal. Destaca-se, ainda a presença de floresta secundária ou “capoeira” que, no ano de 1995, este tipo de vegetação já ocupava aproximadamente 24% da área total da ilha

5.1.6 Hidrogeologia

A hidrogeologia dessa área é composta pelos Aquíferos Aluviões, Barreiras, Pós-Barreiras, Pirabas Superior e Pirabas Inferior (MATTA, 2002). É limitada pelas baías do Guajará, Santo Antônio e Marajó entre suas porções sudoeste, oeste e noroeste; a norte e

nordeste pela baía do Sol e ao sul e sudeste pelos furos do Maguari e das Marinhas, Fisiograficamente faz parte do conjunto hidrográfico do rio Pará, o qual é formador das citadas baías, na sua foz, em forma de estuário. A ilha está voltada em sua parte oeste para a baía de Santo Antônio, possuindo extensa área de praia, que tem continuidade para o noroeste na baía do Sol (FURTADO; SILVA - JUNIOR, 2006)

5.1.7 Ondas

As ondas são extremamente importantes na configuração da topografia de costa e na deposição/transporte de sedimentos, e estão associadas geralmente à influência dos ventos e realizam selecionamento e redistribuição de sedimentos trazidos pelos rios, formando as praias, bancos arenosos longitudinais, ilhas barreiras, pontões arenosos, etc. (SUGUIO, 1973).

A movimentação dos sedimentos e a morfologia das praias estão intrinsecamente associadas à atuação dos processos oceanográficos físicos. Esses processos envolvem basicamente a ação das ondas, marés e ventos, além das correntes geradas por cada um destes fatores (ALVES, 2001).

As ondas em sua maioria são geradas pelos ventos e, notadamente, pouco se conhece sobre o regime de ondas no litoral paraense (SILVA, 2001). Alves (2001) descreve que os ventos alísios ENE são responsáveis pela formação das ondas de cerca de 1-1,5m na praia de Ajuruteua.

A superfície das águas na Ilha do Mosqueiro caracteriza um tranquilo sistema de enseadas, com presença de pequenas ondulações, que variam entre 0,3 e 0,6m de altura (ALVES et al.; 2011).

Na Ilha do Mosqueiro, a média da preamar de sizígia a média da preamar de quadratura alcançaram altura respectivamente de 3,38m e 2,66m. A média da baixamar de sizígia e a média de baixamar de quadratura apresentam valores respectivamente de 0,31m e 1,03m. (EL-ROBRINI, 2001)

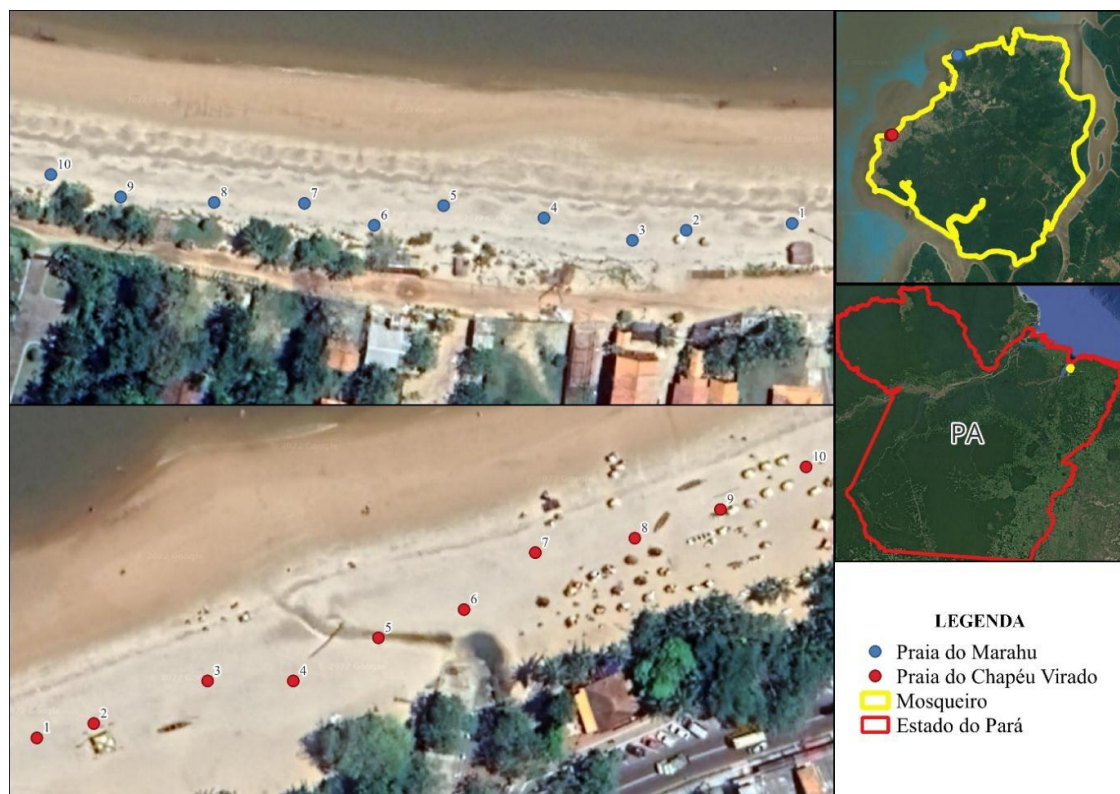
5.2 Amostragem

Não existe um protocolo padrão para amostragem de microplásticos, no que diz respeito à localização, técnica de amostragem e quantidade de amostra, dificultando a comparação dos dados produzidos. (LÖDER; GERDTS, 2015). O tamanho da área de coleta e a distância determinada entre as amostras dependerá da metodologia a ser aplicada, podendo ser utilizados quadrantes de até 1 m², conforme realizado por Carvalho e Neto (2016).

Antes da coleta ser realizada, foi necessário conferir os horários das marés, pois deve-se coletar no momento em que a maré estiver descendo, para que possamos observar a linha de preamar, para isso foi consultado o site da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2022) “Tábua de marés” e conferido o melhor horário.

As amostras de sedimento foram obtidas durante o ano de 2022, em Outubro no período seco por se tratar de um mês onde muitas pessoas frequentam a ilha por conta do Círio, que se trata de uma manifestação religiosa que ocorre na capital Belém e a população recorre as praias da ilha durante o feriado, e também no mês de Dezembro durante o período chuvoso no inverno amazônico, antes do intenso movimento das festas de final de ano. Foram escolhidas duas praias, uma com um grande fluxo de pessoas que é a Praia do Chapéu Virado e em comparativo outra com um pequeno fluxo de pessoas que é a Praia do Marahú, na Ilha de Mosqueiro no estado do Pará. Em cada praia foram amostrados 10 quadrantes, compondo assim 10 amostras independentes em cada praia, onde cada uma esteve distante 20 m da outra (Figura 2). As amostras de areia foram retiradas ao longo da linha de preamar, pois desta forma coletamos os MPs depositados pela maré na faixa de areia da praia. Além disso, para que haja intercomparação entre as amostras, elas foram coletadas superficialmente, a uma profundidade de 1 cm.

Figura 2: Pontos de coleta das Praias do Chapéu Virado e Marahú.



Fonte: A autora (2022).

As amostras coletadas foram armazenadas em recipientes de alumínio e identificadas de acordo com o ponto de coleta e sua respectiva praia, em campo também foram anotadas as coordenadas (latitude e longitude) de cada ponto (Tabela 1) que também foram as mesmas do mês de Dezembro, para ser utilizadas no software QGIS 3.28.0.

Tabela 1: Identificação dos pontos de coleta por meio de coordenadas geográficas.

	Chapéu Virado	Marahú
Ponto	Coordenadas da coleta de Outubro (Lat/Long)	Coordenadas da coleta de Outubro (Lat/Long)
1	1°07'55.7"S / 48°27'26.4"W	1°04'25.4"S / 48°24'23.5"W
2	1°07'55.6"S / 48°27'26.0"W	1°04'25.3"S / 48°24'24,3"W
3	1°07'55.3"S / 48°27'25.2"W	1°04'25..3"S / 48°24'24,8"W
4	1°07'55.3"S / 48°27'24.6"W	1°04'25.2"S / 48°24'25.5"W
5	1°07'55.0"S / 48°27'24.0"W	1°04'24.9"S / 48°24'26.3"W
6	1°07'54.8"S / 48°27'23,4"W	1°04'25.2"S / 48°24'26.8"W
7	1°07'54.4"S / 48°27'22.9"W	1°04'25.0"S / 48°24'27.4"W
8	1°07'54.3"S / 48°27'22.2"W	1°04'25.0"S / 48°24'28.1"W
9	1°07'54.1"S / 48°27'21.6"W	1°04'24.9"S / 48°24'28.8"W
10	1°07'53.8"S / 48°27'21.0"W	1°04'24.8"S / 48°24'29.4"W

Fonte: A autora (2023)

A amostragem para estudo de MPs em praias foi realizada através da adaptação da pesquisa realizada por Ivar do Sul (2014), que consisti na raspagem do sedimento superficial dentro dos quadrantes (50 x 50 cm) feito de madeira, com o auxílio de uma pá de aço inox para não haver contaminação externa.

Após coletar e identificar todos os pontos, as amostras foram transportadas ao LAGEOC – Laboratório de Geologia Oceânica, para preparo e análise.

5.3 Teste de Recuperação

Para estimar a capacidade de extração de microplásticos pelo procedimento proposto foram realizados ensaios de recuperação de acordo com a metodologia utilizada por Couceiro (2019). Estes ensaios consistiram na adição artificial de uma quantidade definida de microplásticos a amostras de areia limpa seguida da extração destes microplásticos da amostra e sua quantificação em termos de massa. A taxa de recuperação foi calculada como a percentagem (em massa) de plásticos que se conseguiu recuperar da amostra em função da quantidade (em massa) de microplásticos que tinha sido adicionada inicialmente. A taxa de recuperação é dada pela seguinte equação:

Taxa de recuperação (%)

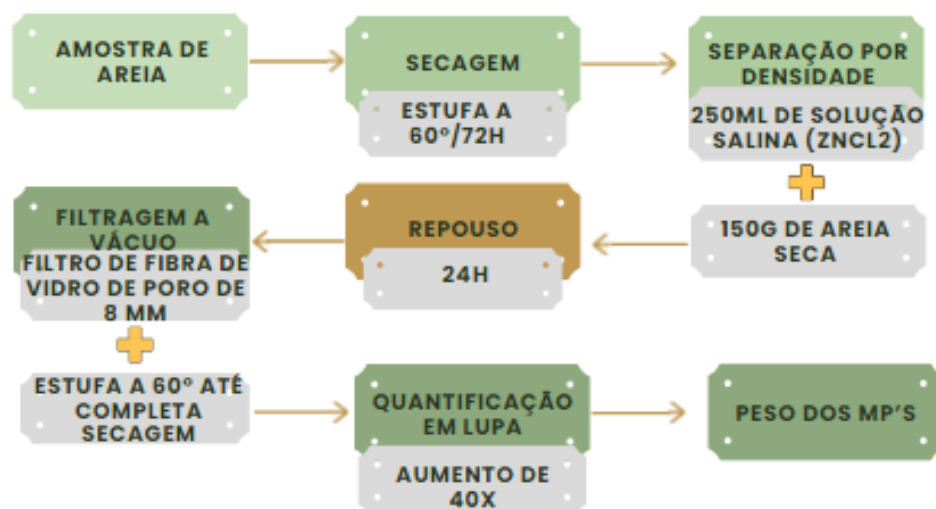
$$= \frac{\text{Massa de microplástico obtida no final da extração (g)}}{\text{Massa de microplástico adicionada no início da extração (g)}} \times 100$$

Foram testados os seguintes tipos de materiais plásticos: sacola plástica (polietileno de alta densidade — PEAD), garrafa PET (politereftalato de etileno — PET), fio de náilon (poliamida — PA) e canudo (polipropileno — PP). Esses plásticos foram selecionados por serem comumente utilizados pela população e frequentemente registrados em ambientes aquáticos. Antes de serem misturadas com o sedimento, as amostras de plástico foram cortadas em fragmentos menores. Foram feitos dois ensaios de recuperação em duas amostras de areia limpa, onde foram adicionados 0,062g e 0,048g em 150g de areia respectivamente, em seguida adicionada 250ml de solução supersaturada de ZnCl_2 .

5.4 Preparo

Em laboratório, as amostras foram pesadas para que se pudesse iniciar o processo de secagem e posteriormente os outros processos para separar os microplásticos da areia de forma a não danificar o plástico e nem alterar a quantidade de MPs presentes na amostra, as etapas seguidas no fluxograma (figura 3) serão melhor explicadas posteriormente.

Figura 3: Esquema para análise laboratorial de microplástico em amostras de areia, de acordo com a metodologia de Couceiro (2019).



Fonte: A autora (2023)

5.5 Secagem

Após a pesagem, as amostras foram levadas a estufa a 60°C por 48h e o controle da secagem foi feito por meio de repetidas pesagens. Em um becker foi colocado uma fração de areia e levada para estufa de secagem junto com as demais amostras, onde foram pesadas a cada 24h para acompanhar o processo de perda de água. Quando a massa do conteúdo em análise estabilizou, as amostras foram deixadas na estufa de secagem por mais dois dias para garantir que estivessem completamente secas.

5.6 Flotação

O objetivo é separar o microplástico da areia e para isso foi utilizado o processo de flotação, o qual faz a separação por meio da diferença de densidades. O ideal para este processo é o uso de uma solução salina concentrada feita a partir da mistura de 1,8 kg de ZnCl_2 anidro 97% P.A. em 1L de água destilada por 48h a 60°C utilizando um agitador magnético com aquecimento. Após estar dissolvida, esta solução foi filtrada por filtros qualitativos UNIFIL com diâmetro de 18,5 cm. A filtração foi necessária para retirar sais não dissolvidos e outras impurezas. Esta etapa foi repetida duas vezes (IMHOF *et al.*, 2012).

Alguns cuidados foram tomados (uso de luvas, jaleco e máscara) durante a preparação desta solução devido às propriedades corrosivas do ZnCl_2 (IMHOF *et al.*, 2012).

A proporção usada para a flotação foi a adição da amostra na proporção de 250mL de solução para 150g de amostra (IMHOF *et al.*, 2012). O motivo de utilizar esta solução é porque os microplásticos são menos densos que a água do mar e portanto eles flutuam nela, além disso o ZnCl_2 consegue reter partículas mais densas como o PET e PVC. A solução junto com a amostra foram colocadas em recipientes de vidro e misturadas por 2 minutos e cobertas com papel alumínio para evitar contaminação externa, em seguida deixadas em repouso por 24 horas, tempo adequado para uma melhor separação das partículas de areia dos microplásticos (BESLEY *et al.*, 2017). Após o tempo decorrido o material sobrenadante foi retirado com a ajuda de uma pipeta de vidro e transferido para outro recipiente, este processo foi repetido mais 1 vez utilizando a mesma solução para garantir uma maior eficiência na extração dos microplásticos.

5.7 Filtragem

Para prosseguir para a medição e posterior análise das amostras é preciso retirar o

microplástico da solução salina. Para isso foi utilizada uma bomba a vácuo, onde a solução foi passada por um filtro de membrana de fibra de vidro de poro 8µm onde os microplásticos ficaram retidos. Durante este processo foi necessário jogar água destilada nas paredes do funil e no filtro para garantir que todo o plástico vá para o filtro e remover quaisquer precipitados de sal que possam ter se formado. Após a filtragem os filtros foram levados a estufa a 40° C até completa secagem para análise em lupa.

5.8 Classificação dos microplásticos

As partículas de microplásticos encontradas foram analisadas por meio de um microscópio estereoscópico para categoriza-las em tipos diferentes (ALOMAR *et al.*, 2017) fragmentos, (ANDRADY, 2011) pellets, (BALLENT *et al.*, 2016), filamentos, etc. Nessa etapa foi utilizada uma lupa binocular da marca MediLux com aumento de 40x para fazer uma separação manual dos MPs de outros itens visíveis, como galhos, conchas e organismos marinhos. Além disso, também foi feita a contagem e separação individual dos microplásticos de cada amostra em frascos devidamente identificados.

5.9 Peso dos microplásticos

O peso dos MP's foi obtido por meio da pesagem dos filtros antes e depois de receberem a solução de ZnCl₂, para isso foi utilizado uma balança analítica SHIMADZU BL320H. Os resultados foram estabelecidos pela diferença do peso desses filtros.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PLÁSTICA **Perfil-2021**.

ALOMAR, C.; SUREDA, A.; CAPO, X.; GUIJARRO, B.; TEJADA, S., DEUDERO, S. Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. **Environ. Res.** v. 159, p135–142, 2017

ALVES, M. A. M. S. **Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua, Nordeste do Pará**. 2001. 104f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2001. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFGPA_cb548c1d428e1b1dbb951ebba2320398. Acesso em: 19 jul 2022.

ALVES, M.A.M.S.; RIBEIRO, A.M.; LIMA, M.W.; FARIAS, D.R.; LIMA, A.Q., CORRÊA, J.M., FONTES, E.F. **Efeitos da erosão costeira no litoral do estado do Pará – Costa Norte do Brasil**. In: CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAISES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 6, 2011, Cabo Verde. Resumo dos trabalhos. Cabo Verde: ABRH, 2011.

AMORIN, A. L. A.; RAMOS, J. A. A.; JÚNIOR, M. N. Ingestion of microplastic by ontogenetic phases of *Stellifer brasiliensis* (Perciformes, Sciaenidae) from the surf zone of tropical beaches. **Marine Pollution Bulletin**. v. 158, n. 111214, p. 1-5, 2020.

ANDRADY, A. L. The plastic in microplastics: A review, **Marine Pollution Bulletin**. Elsevier Ltd, v.119,n. 1, p. 12–22. 2017.

ANDRADY, A.L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**. v. 62, n. 8, p.1596– 1605, 2011

ANDRADY, A.L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**. v. 62, n. 8,p.1596–1605, 2011.

APAS- Associação paulista de supermercados. **Paulistanos reduzem em 70% uso de sacolas plásticas em supermercados**, 2015. Disponível em: . Acesso em 11 dez. 2022.

ARAO, M. **Avaliação do comportamento mecânico de misturas asfálticas com a inserção de polietileno tereftalato (PET) triturado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 114. 2016.

ARAÚJO, P.C. A. A. Toxicity evaluation of the combination of emerging pollutants with polyethylene microplastics in zebrafish: Perspective study of genotoxicity, mutagenicity, and redox unbalance. **Journal of Hazardous Materials**, v. 432, n. 128691, p. 1-16, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Perfil 2019**. São Paulo: ABIPLAST, 2019.

AVIO, C.G.; GORBI, S.; REGOLI, F. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutant to emerged threat. **Marine Environmental Research**, v. 128, p. 2-11. Jul. 2016.

BALLENT, A.; CORCORAN, P.L.; MADDEN, O.; HELM, P.A.; LONGSTAFFE, F.J.

Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments. **Mar. Pollut. Bull.** v. 110, n.1, p. 383–395, 2016.

BAPTISTA-NETO, J. A.; Gaylard, C.; BEECH, I.; BASTOS, A.C.; QUARESMA, V.S.; CARVALHO, D.G. Microplastics and attached microorganisms in sediments of the vitória bay estuarine system in se Brazil. **Ocean Coastal Management**, v. 169, p. 247 – 253, 2019.

BAPTISTA-NETO, M. H. S. **Contaminação de microplásticos nos igarapés da área urbana do município de Itacoatiara (AM)**. TCC de Graduação (Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Amazonas. Itacoatiara, p. 9. 2022.

BARLETTA, M.; COSTA, M. Microplastics in coastal and marine environments of the western tropical and sub-tropical atlantic ocean. **Environmental Sciences: Processes and Impacts**, v. 17, n.11, p.1868-1879, 2015.

BELÉM. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/politica/4027128/duciomar-costa-inaugura-novos-reservatorios-de-agua-em-mosqueiro-pa>>. Acesso em 22 Mai. 2022.

BESLEY, A.; VIJVER, M. G.; BEHRENS, P. E.; BOSKER, T. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. **Marine Pollution Bulletin**. Elsevier Ltd, v. 114, n. 1, p. 77–83, 2017.

BESSELING, E.; WEGNER, A.; FOEKEMA, E.M.; VAN DEN HEUVEL-GREVE, M.J.; KOELMANS, A.A. Effects of microplastic on fitness and PCB bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina* (L.). **Environ. Sci. Technol.** v. 47, n. 1, p.593–600, 2013.

BOM, C. F.; BRITO, F. V. W.; SÁ, F. Microplastics concentration in bivalve of economic importance, a case study on the southeastern Brazilian coast. **Regional Studies in Marine Science**, v. 52, p. 1-14, 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, 2011.

BRASIL. Assembleia Legislativa. Projeto de Lei do Senado nº 322, de 2011. **Estabelece a proibição de utilização, fabricação, importação, comercialização e distribuição de sacolas plásticas que contenham polietileno, propileno e polipropileno**. Disponível em: Acesso em: 11 dez. 2022.

BROWNE, M.A.; DISSANAYAKE, A.; GALLOWAY, T.S.; LOWE, D.M.; THOMPSON, R.C. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L). **Environ. Sci. Technol.** v. 42, n. 13, p. 5026–5031, 2008.

BRUZACA, D. N., JUSTINO, A. K., MOTA, G. C., COSTA, G. A., LUCENA-FRÉDOU, F., & GÁLVEZ, A. O. Occurrence of microplastics in bivalve molluscs *Anomalocardia flexuosa* captured in Pernambuco, Northeast Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 179, p.1-6, 2022.

CARVALHEIRO, A. L. *et al.* **Microplástico: conceito, impactos ambientais e principais métodos de extração**. Orientador: Iguatiña de Melo Costa. 2022. 25 f. TCC (Graduação),

Curso de Engenharia Química, Instituto Ânima, Mooca, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/31041>>. Acesso em: 04 de jul. de 2023.

CARVALHO, D. G. de; BAPTISTA - NETO, J. A. B. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara bay, southeast Brazil. **Ocean Coastal Management**, v. 128, p. 10 – 17, 2016. CASTRO, R.O.; SILVA, M.L.; ARAÚJO, F.V., 2018. Review on microplastic studies in Brazilian aquatic ecosystems. **Ocean and Coastal Management**. v. 165 p. 385–400. Rio de Janeiro. Brasil, 2018.

CARVALHO, R. A. **Contaminação invisível - uma proposta para divulgação e visibilidade aos microplásticos**. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, p. 14-80. 2022.

CASTRO, R. O.; SILVA, M. L.; MARQUES, M. R. C.; ARAÚJO, F. V. Spatiotemporal evaluation of macro, meso and microplastics in surface waters, bottom and beach sediments of two embayments in Niterói, RJ, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111537, 2020.

CORCORAN, P.L., BIESINGER, M.C., GRIFI, M. Plastics and beaches: a degrading relationship. **Marine Pollution Bulletin**. v. 58, p. 80–84, 2009

COSTA, J. M.; PIETROBOM, M. R. Pteridófitas (Licophyta e Monilophyta) da ilha de Mosqueiro, município de Belém, estado do Pará, Brasil. **Bol Mus. Para. Emilio Goeldi. Ciências Naturais**. Belém. v. 2. n. 3, p.45-55, 2007.

COSTA, M.F.; IVAR DO SUL, J.A.; SILVA-CAVALCANTI, J.S.; ARAÚJO, M.C.B.; SPENGLER, A.; TOURINHO, P. S. On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: A snapshot of a Brazilian beach. **Environ. Monit. Assess.** v. 168, n. 1-4, p. 299–304. 2010

COSTA, W., & EL ROBRINI, M. (1992). **Evolução morfo-estrutural da Ilha do Mosqueiro. Baía do Marajó**. Norte-Brasil. Relatório Técnico Científico Final–UFPA/CG/PROMAR: 18p.

COUCEIRO, D. C. D. S. **Definição de uma metodologia para extração e quantificação de microplásticos em areia de praia**. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) Instituto Politécnico de Coimbra Escola Superior Agrária de Coimbra, Coimbra, 2019. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/34896>. Acesso em 04 mai 2023.

CÓZAR, A.; SANZ-MARTÍN, M.; MARTÍ, E.; GONZÁLEZ-GORDILLO, J.I.; UBEDA, B.; GÁLVEZ, J.Á.; IRIGOIEN, X.; DUART, C.M. Plastic Accumulation in the Mediterranean. **Sea. PloS one**, v. 10, n 4, p. e0121762, 2015

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. **Microplastic separation techniques** em Crawford, C. B. e Quinn, B. B. T.-M. P. (eds.). Elsevier, pp. 203–218, 2017.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábua das marés**. Marinha do Brasil. 2019. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br>> Acesso em: 26 nov .2022.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábua das Marés**. Marinha do Brasil. 2018. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br>>. Acesso em: 18 nov. 2022

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábua das marés**. Marinha do Brasil. 2019. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br>> Acesso em: 26 nov .2022.

EL-ROBRINI, M.H.S. **Variabilidade morfológica e sedimentar de praias estuarinas da Ilha do Mosqueiro**. 2001. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/14931>. Acesso em 24 de mai 2023.

FERNANDES, M. E. B., BARCIK, D. B., & KRELLING, A. P. (2021). Arte lixo mar: uma poética de sensibilização sobre o lixo marinho. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, 16(2), 191-211.

FRIAS, J.P.G.L.; SOBRAL, P.; FERREIRA, A.M. Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 1988-1992, 2010.

FURTADO, A. M. M., & SILVA JÚNIOR, O. D. C. (2009). Impactos ambientais do desmatamento e expansão urbana na ilha do Mosqueiro (Belém-Pará-Brasil). **Anais do 12º Encuentro de Geógrafos de América Latina**. Montevideu.

GEYER, R., JAMBECK, J. R. E LAW, K. L. (2017) «Production, use, and fate of all plastics ever made», **Science Advances**, 3(7), p. e1700782. doi: 10.1126/sciadv.1700782.

GIMILIANI, T. G. **Caracterização de microplásticos em amostras marinhas e estuarinas**. 2021. 184 f. Tese (Doutorado em Ciências Tecnologia Nuclear). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-22102021-104234/pt-br.php>. Acesso em: 10 mai 2023

GORMAN, D.; MOREIRA, F.T.; TURRA, A.; FONTENELLE, F.R.; COMBI, T.; BÍCEGO, M.C.; MARTINS, C.C. Organic contamination of beached plastic pellets in the South Atlantic: risk assessments can benefit by considering spatial gradients. **Chemosphere** v. 223, p. 608–615, 2019.

GUIMARÃES, A. T. B.; CHARLIE-SILVA, I.; MALAFAIA, G. Toxic Effects of Naturally Aged Microplastics on Zebrafish Juveniles: A More Realistic Approach to Plastic Pollution in Freshwater Ecosystems. **J. Hazard. Mater.** 2021, 407 (November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124833>

HIDALGO-RUZ, V.; GUTOW, L.; THOMPSON, R.C.; THIEL, M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. **Environ. Sci. Technol.** v. 46, n. 6, p. 3060–3075, 2012.

IMHOF, HK, SCHMID, J., NIESSNER, R., IVLEVA, NP E LAFORSCH, C. Um método novo e altamente eficiente para a separação e quantificação de partículas plásticas em sedimentos de ambientes aquáticos. **Limnologia e oceanografia: métodos**, v. 10, n.7, p. 524-537. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de

Recuperação Automática. 2010. Disponível em:
<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1378&z=t&o=25&i=P>>. Acesso em 22 Mai. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-INMET. **Dados históricos**. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> Acesso: 27/01/2023.

IVAR DO SUL, J.A; COSTA, M. F. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. **Environ. Pollut.** v. 185, p. 352–364. 2014.

JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean. **Science** (80).2015, 347 (6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>.

JAYASIRI, H.B.; PURUSHOTHAMAN, C.S.; VENNILA, A. Quantitative analysis of plasticdebris on recreational beaches in Mumbai, India. **Mar. Pollut. Bull.** v. 77, n. 1-2, p. 107–112,2013.

JIANG, J. Q. Occurrence of microplastics and its pollution in the environment: A review. **SustainableProduction and Consumption**. v. 13, p. 16–23, 2018.

JUNAID, M., SIDDIQUI, J. A., SADAF, M., LIU, S., & WANG, J. (2022). Enrichment and dissemination of bacterial pathogens by microplastics in the aquatic environment. **Science of the Total Environment**, 830, 154720.

LARA, Z. L. **Microplásticos de poliamida e desreguladores endócrinos: influência de fatores ambientais e da fotodegradação**.2022. 107 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/236411>. Acesso em: 24 jun 2023.

LAVERS, JL, BOND, AL E HUTTON, I. (2014). Ingestão de plástico por Cagarros (*Puffinus carneipes*):Implicações para a condição corporal dos filhotes e o acúmulo de produtos químicos derivados deplástico. **Poluição Ambiental** , 187 , 124-129.

LENAKER, P. L., BALDWIN, A. K., CORSI, S. R., MASON, S. A., RENEU, P. C., & SCOTT, J. W. (2019). Vertical distribution of microplastics in the water column and surficial sediment from the Milwaukee River Basin to Lake Michigan. **Environmental Science & Technology**, 53, 12227-12237. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.9b03850>

LI, W.C.; TSE, H.F.; FOK, L. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. **Science of The Total Environment**, v. 566-567, p. 333 – 349, 2016
LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M.; COSTA, M.F. Seasonal-dial shifts of ichthyoplankton assemblages and plastic debris around an equatorial atlantic archipelago. **Frontiers in Environmental Science**, v. 4, p. 56, 2016.

LÖDER, .G.J.; GERDTS, G. Chapter 8 – “**methodology used for the detection and identification of microplastics**” – a critical appraisal. In: Bergmann, M., et al. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*, p. 201–227, 2015.

LUSHER, A.L., MUNNO, K., HERMABESSIERE, L., & CARR, S. (2020). Isolamento

e extração de microplásticos de amostras ambientais: uma avaliação de abordagens práticas e recomendações para uma maior harmonização. **Espectroscopia Aplicada**, v. 74, n. 9, p. 1049-1065.

LUSHER, A.L.; MCHUGH, M.; THOMPSON, R.C. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. **Mar. Pollut. Bull.** v. 67, n. 1-2, p. 94–99, 2013.

MacARTHUR, E. (2017) «**The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics & Catalysing Action**», Ellen MacArthur Foundation, p. 68. doi: 10.1103/Physrevb.74.035409.

MACHADO, J. A. *et al.* **Análise da presença de microplástico em bivalves (Perna perna): um estudo de caso em matinhos, litoral do Paraná.** Guaju, v. 7, n. 1, p. 16, 2021.

MARGALHO, E. T. **Morfodinâmica das praias estuarinas de mesomares da ilha do Mosqueiro (Belém/PA).** Orientador: Marcelo Augusto Moreno da Silva Alves. 2019. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2091>. Acesso em: 28 out 2023.

MARTINS, M. F. S. **Poluição por plástico a crise ambiental e as políticas europeias e nacionais.** Tese (Mestrado em Gestão do Território: Área de Especialização em Ambiente e Recursos Naturais) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade NOVA de Lisboa. Lisboa, p. 9-10. 2020.

MATTA, M. A. S. **Fundamentos hidrogeológicos para gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua - Pará, Brasil.** Orientador: Aldo da Cunha Rebouças. 2002. 292 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/8165>. Acesso em: 05 fev 2023

MISHRA, S.; CHARAN RATH, C.; DAS, A. P. Marine microfiber pollution: a review on present status and future challenges. **Marine Pollution Bulletin**, v. 140, p. 188- 197, 2019.

MONTAGNER, C. C. *et al.* Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**. v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021.

MOORE, C. J. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, longterm threat. **Environmental Research**, v. 108, p.131-139, 2008.

NUELLE, M.T; DEKIFF, J.H.; REMY, D.; FRIES, E. A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. **Environmental Pollution**, v.184, p. 161-169, 2014.

OLIVATTO, P. G. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018.

OLIVEIRA, Y. Y. **Avaliação da Densidade de Pellets Plásticos na Praia do Gonzaga, Santos, SP.** 2023. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/70328>. Acesso

em: 14 set 2023.

PAPPIS, T., KAPUSTA, S. C., & OJEDA, T. (2021). Methodology for extraction of microplastics associated with sediments from freshwater environments. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 26, 749-756. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-415220200143>

PATRICIA, C.; MOORE, C.; JAZY, K. The “ANTHROPOCENE”: What is its geological utility. v. 6, p. 4–8, 2013.

PUSKIC, P. S.; LAVERS, J. L.; BOND, A. L. A Critical Review of Harm Associated with Plastic Ingestion on Vertebrates. *Sci. Total Environ.* 2020, 743, 140666. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.140666>

RANI-BORGES, B.; QUEIROZ, L. G.; POMPÊO, M. **Protocolo para recuperação e caracterização de microplásticos de matrizes ambientais**. Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções. 2022. Tradução. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 2022. Acesso em: 05 de jul. de 2023.

RIOS, L. M.; MOORE, C.; JONES, P. R. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. **Marine Pollution Bulletin** v.54 p.1230-1237, 2007.

ROCHMAN, C. M., BROOKSON, C., BIKKER, J., DJURIC, N., EARN, A., BUCCI, K., ATHEY, S., HUNTINGTON, A., MCILWRAITH, H., MUNNO, K., FROND, H., KOLOMIJECA, A., ERDLE, L., GRBIC, J., BAYOUMI, M., BORRELLE, S. B., WU, T., SANTORO, S., WERBOWSKI, L. M., ZHU, X., GILES, R. K., HAMILTON, B. M., THAYSEN, C., KAURA, A., KLASIOS, N., EAD, L., KIM, J., SHERLOCK, C., HO, A., & HUNG, C. (2019). Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 38, 703-711. <http://dx.doi.org/10.1002/etc.4371>

ROMAN, L.; HARDESTY, B. D.; HINDELL, M. A.; WILCOX, C. A Quantitative Analysis Linking Seabird Mortality and Marine Debris Ingestion. **Sci. Reports** 2019 9 2019, 9 (1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36585-9>.

RUBIN, A. E.; KUMAR, A.; ZUCKER, S. I. Questioning the suitability of available microplastics models for risk assessment: A critical review. **Science of the Total Environment**, v. 788, p. 147670, 2021.

SÁ, J.H.S. **Contribuição a geologia e os sedimentos terciários e quaternários da Região Bragantina**. Boletim do Instituto de Geologia do Rio de Janeiro, v.3, p.21-36, 1969

SAMARASEKERA, K. Microbiology of Seawater and Sand in a Selected Bathing Site of Sri Lanka – A Study Towards Microbial Quality Assessment. *Front. Environ. Microbiol.* v. 3, p. 1-9. 2017.

SANTOS, Y. Q. C. D. **Educação Ambiental: uma forma de olhar a comunidade tradicional sucurijuba na Ilha de Mosqueiro**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação Ambiental)–Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém.

SCHNEIDER, I. (2018). **Análise quali-quantitativa de microplásticos no sedimento arenoso de praias no Litoral Norte do Rio Grande do Sul** (Trabalho de conclusão de curso). Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, M. G. L. **Avaliação multitemporal da dinâmica costeira da Praia do Pescador: Bragança (Norte do Brasil)**. Orientador: Maamar El-Robrini. 2001. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/12134>. Acesso em: 16 jul 2023.

SOARES, Marcelo de Oliveira et al. Microplastics in corals: An emergent threat. **Marine Pollution Bulletin**, v. 161, 2020.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgar Blucher e Edusp. 1973. 317p

THOMPSON, R. C., OLSON, Y. E MITCHELL, R. (2004) «Lost at Sea: Where Is All the Plastic?», **Science**, 304(5672), pp. 838 LP – 838. doi: 10.1126/science.1094559.

VALENTE, H. M. **Variabilidade morfológica das praias estuarinas da ilha do mosqueiro (Belém - PA)**. 2019. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2019. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1137>. Acesso em: 11 mar 2023.

VALENTE, H.M. Morfodinâmica e Sedimentologia das Praias Estuarinas da Ilha do Mosqueiro - Pará. In: V Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2014, Itajaí (SC). **Anais de Resumos**. Itajaí (SC). p: 1447-1448.

VASCONCELOS, V. M. M. V.; SOUSA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade de água subterrânea da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplin Journal of Applied Science**: v. 6, n. 2, 2011.

VÁZQUEZ, A., CRUZ, A.A., ÁLVAREZ, J.C., ROSADO, V.L., BELTRÁN, M., SÁNCHEZ, M., ESPINOSA, R. M. Y VELASCO, M. (2020, febrero). **Manual para el monitoreo de 55 microplásticos en playas de arena**. Universidad Autónoma Metropolitana.

VEDOLINA, M.C.; TEOFILO, C.Y.S.; TURRA, A.; FIGUEIRA, R.C.L. Spatial variability in the concentrations of metals in beached microplastics. **Mar. Pollut. Bull.** v. 129, p. 487–493, 2017.

VIEIRA, Y.; LIMA, E. C.; FOLETTO, E. L.; DOTTO, G. L. Propriedades físico-químicas de microplásticos, modelagem específica de adsorção e sua interação com produtos farmacêuticos e outros contaminantes emergentes. **Science Total Environ.** v. 753, n.141981, 2021.

WALDSCHLÄGER, R., & SCHÜTTRUMPF, H. (2019). Effects of particle properties on the settling and rise velocities of microplastics in freshwater under laboratory conditions. **Environmental Science & Technology**, 53, 1958-1966. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.8b06794>

WRIGHT, S.L.; THOMPSON, R.C.; GALLOWAY, T.S. The physical impacts of microplastics

on marine organisms: a review. **Environ. Pollut.** v. 178, p. 483–492, 2013.

WURL, O., OBBARD, J.P. A review of pollutants in the sea-surface microlayer (SML): a unique habitat for marine organisms. **Marine Pollution Bulletin** v. 48, p.1016–1030, 2004.

YANG, Q., WANG, Y., MA, L., CHEN, S., ZENG, J., DONG, H., YANG, H., BAI, H., LIU, R., & HUANG, W (2023). A comprehensive evaluation of microplastic pollution in the Xiangshan Bay of China with special reference to seasonal variation. **The Science of the Total Environment**, 873, 162350. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162350>

ZHANG, W.; ZHANG, S.; WANG, J.; WANG, Y.; MU, J.; WANG, P.; LIN, X.; MA, D. Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. **Environmental Pollution**, v. 231, n. 1, p. 541 – 548, 2017.

CAPÍTULO 2

PADRONIZADO DE ACORDO COM AS NORMAS DA REVISTA INTERESPAÇO:

REVISTA DE GEOGRAFIA E INTERDISCIPLINARIDADE ISSN 2446-6549

Análise de ocorrência de microplásticos em areia das praias do Marahú e Chapéu

Virado na Ilha de Mosqueiro, Pará, Amazônia, Brasil.

Oliveira *et al.* 2024

Qualis CAPES A2

INTERESPAÇO

Revista de Geografia e Interdisciplinaridade

Análise de ocorrência de microplásticos em areia das praias do Marahú e Chapéu Virado na Ilha de Mosqueiro, Pará, Amazônia, Brasil.

Analysis of the occurrence of microplastics in sand from the beaches of Marahú and Chapéu Virado on Mosqueiro Island, Pará, Amazon, Brazil.

Análisis de la ocurrencia de microplásticos en la arena de las playas de Marahú y Chapéu Virado en la Isla Mosqueiro, Pará, Amazonas, Brasil

Yasmin di Paula Teixeira Oliveira

Graduada em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA/Campus Belém.

Yasminoliv18@gmail.com / <http://orcid.org/0009-0006-3836-0783>

Maria de Lourdes Souza Santos

Doutora em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/ Professora na Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA/Campus Belém

Lourdes.Santos@ufra.edu.br / <http://orcid.org/0000-0003-2797-6014>

Maamar El Robrini

Doutor em Geologia Marinha pela Université de la Sorbonne Paris IV – UNESP/ Professor na Universidade Federal do Pará – UFPA/ Campus Belém

robrini@ufpa.br / <http://orcid.org/0000-0001-7850-1217>

José Almir Rodrigues Pereira

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo - USP. Professor na Universidade Federal do Pará – UFPA/Campus Belém.

rpereira@ufpa.br / <http://orcid.org/0000-0002-3144-1787>

Resumo

Os microplásticos (MP's) são fragmentos de plásticos que não ultrapassam dimensões de 5 mm. As praias são ambientes sedimentares que atuam como áreas de depósitos e incorporação de microplásticos. Com isso, este estudo busca identificar a presença de microplásticos nas praias do Marahú e Chapéu Virado. As amostras de sedimento foram obtidas durante o ano de 2022, nos meses de Outubro e Dezembro, sendo amostrados 40 pontos. Em laboratório, as amostras foram levadas a estufa a 60°C por 48h, com as amostras secas deu-se início ao processo de flotação utilizando solução de ZnCl₂, onde foram filtradas a vácuo para retirar os MPs. Após isso, os filtros foram levados a estufa a 40° C. Em lupa foram identificados 1245 partículas, sendo

a praia do Marahú a que apresentou maior concentração de MP's, portanto, este estudo pode auxiliar na composição de plano de manejo na gestão da ilha sendo utilizado por órgãos competentes.

Palavras-chave: PALAVRAS-CHAVE: Partículas, contaminação, areia

Abstract

Microplastics (MP's) are plastic fragments that do not exceed 5 mm in size. Beaches are sedimentary environments that act as sinks for microplastics. Therefore, this study seeks to identify the presence of microplastics on the beaches of Marahú and Chapéu Virado. The sediment samples were obtained during the year 2022, in the months of October and December, with 40 spots being sampled. In the laboratory, the samples were taken to an oven at 60°C for 48h, with the samples dry, the flotation process began using a ZnCl₂ solution, where they were vacuum filtered to remove the MPs. After that, the filters were taken to the oven at 40° C. Using a magnifying glass, 1245 particles were identified, with Marahú beach being the one with the highest concentration of PM's, therefore, This study can help as a management plan in the management of the island being used by competent bodies.

Keywords: Particles, contamination, sand.

Resumen

Los microplásticos (MP) son fragmentos de plástico de un tamaño no superior a 5 mm. Las playas son ambientes sedimentarios que actúan como zonas de deposición e incorporación de microplásticos. Por lo tanto, este estudio busca identificar la presencia de microplásticos en las playas de Marahú y Chapéu Virado. Se recolectaron muestras de sedimentos durante 2022, en los meses de octubre y diciembre, con 40 puntos muestreados. En el laboratorio, las muestras se colocaron en un horno a 60 °C durante 48 horas. Una vez secas las muestras, se inició el proceso de flotación con una solución de ZnCl₂, donde se filtraron al vacío para eliminar los MP. Posteriormente, los filtros se colocaron en un horno a 40 °C. Una lupa identificó 1245 partículas, siendo la playa de Marahú la que presentó la mayor concentración de MP. Por lo tanto, este estudio puede contribuir al desarrollo del plan de gestión de la isla, utilizado por las autoridades competentes.

Palabras clave: Partículas, contaminación, arena

1. INTRODUÇÃO

A poluição por fragmentos plásticos e microplásticos, é preocupante, devido ao impacto negativo gerado, como a redução da biota, que ingerem estes materiais, e também a possibilidade de risco, à saúde das pessoas, que consomem organismos aquáticos (Pômpeo et al, 2022).

O Brasil está em 4º lugar em geração de resíduos plásticos, com cerca de 11,3

milhões de toneladas, perdendo para a Índia (19,3 milhões), China (54,7 milhões) e Estados Unidos (70,7 milhões). Está em 16ª a posição em relação à poluição de resíduos plásticos no oceano em comparação com outros países (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020; Pereira, 2020).

A quantidade de resíduo presente no litoral brasileiro é composta de diferentes materiais como plástico, madeira, vidro, metal, papel, bitucas de cigarro, tecido e porcelana. Nas praias, a quantidade de resíduos plásticos é a que possui maior porcentagem, portanto é o material mais encontrado. A região norte é a que está mais contaminada com resíduos plásticos com 85,8% de materiais, seguida da região sul (80,8%), depois a região nordeste (73,1%) e por último a região sudeste (70,8%) (Andrades, 2020; ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

Os plásticos são polímeros que sofrem degradação por meio de parâmetros bióticos e abióticos e se transformam em partículas menores denominadas microplásticos (MPs) que permanecem circulando nas águas, na areia e nos sedimentos afetando os organismos aquáticos (Almeida, 2018).

Em 2020, foi publicada a norma intitulada "Plastics – Environmental Aspects – State of Knowledge and Methodologies" (ISO/TR 21960:2020), que estabeleceu uma definição precisa para o termo "microplástico". Conforme essa norma, microplástico é definido como qualquer partícula plástica sólida insolúvel em água com dimensões situadas no intervalo entre 1 μm e 1000 micrômetros - μm . Além disso, a norma também introduziu o conceito de "large microplastic" ("microplástico grande") para descrever partículas plásticas com tamanhos que variam de 1 a 5 mm (Montagner et al., 2021).

De acordo com os tipos monômeros, os polímeros podem ser classificados em homopolímeros (mesmo monômero) ou copolímeros (diferentes monômeros), os de natureza sintética, como o poli (cloreto de vinila)-PVC, polietileno- PE e o poli(tereftalato de etileno)- PET, demoram muito tempo para degradar, devido a sua natureza química que é formada por maior número de regiões cristalinas do que amorfas, tornando-se mais rígidos e tendo uma maior permanência no meio ambiente (Arruda, 2020; Silva, 2021).

Quanto ao comportamento térmico, os polímeros podem ser divididos em termoplásticos e termofixos. Os polímeros termoplásticos são materiais que podem sofrer aquecimento, moldagem e resfriamento por várias vezes. Os polímeros termofixos são materiais, que após processados e aquecidos, depois de resfriados

perdem a propriedade de remodelagem e não podem sofrer aquecimento outras vezes (Gimiliani, 2021).

Os MP's podem ser classificados quanto à natureza como primários: que são aqueles produzidos em pequenos tamanhos em formulações e processos industriais. Os MP's secundários são os que sofreram fragmentação a partir de materiais plásticos maiores, após o seu descarte. Os fragmentos são resultantes da degradação através da combinação de fatores físicos (abrasão mecânica originada das ondas, ventos e marés), químicos (degradação hidrolítica, térmica e fotodegradação por meio da radiação ultravioleta) e mediante a ação microbiana (Lara, 2022).

Os resíduos presentes nas praias impactam a paisagem natural, afetam a fauna, mudam a ciclagem de nutrientes presentes nas cadeias alimentares e reduzem o valor econômico e cultural atingindo a economia da região (Andrades, 2020).

Com isto, o presente estudo tem como objetivo avaliar quantitativamente os MP's, classificar quais os tipos de plástico predominam e caracterizar sua composição química, em praias arenosas localizadas na ilha de Mosqueiro, PA – Brasil, localizada no estado do Pará, por serem bastante frequentadas por moradores da região e também por um grande número de turistas, é importante a identificação desses agentes poluidores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

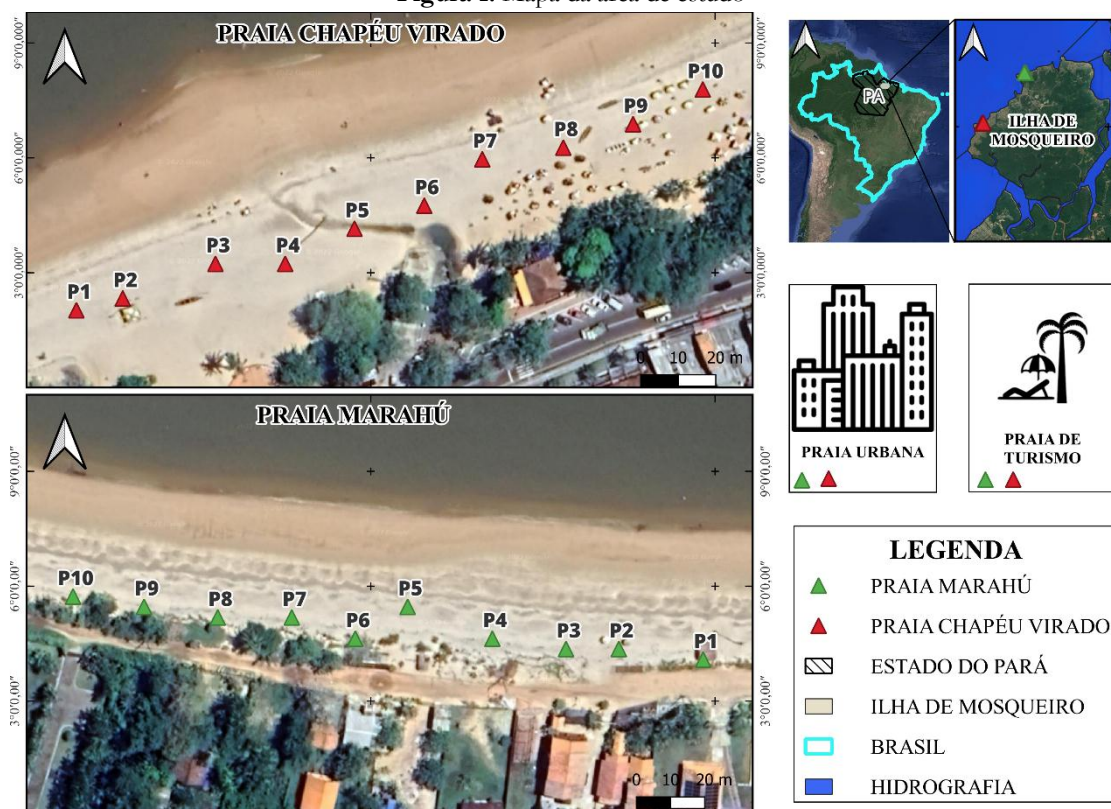
2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na ilha de Mosqueiro no estado do Pará (Figura 1), está situada, aproximadamente ao norte da cidade de Belém entre 01°03' e 01° 05' de latitude Sul e entre 48°29' e 48°18' de longitude Oeste (W) de Greenwich, com altitude média de 15 metros acima do nível do mar. Está situada na microrregião Guajarina em um típico ambiente estuarino com influências marinhas (FURTADO; SILVA JUNIOR, 2006), se caracteriza por ser fluvial, da costa oriental do rio Pará, no braço sul do rio Amazonas, localizada em frente à baía do Marajó. Sua área é de aproximadamente 213 km², com localização a 70 km do centro da capital Belém. Possui 17 km de praias de água doce associada ao regime de maré (BELÉM, 2022).

A Ilha de Mosqueiro pertence a uma região dominada por um regime de macromarés,

com amplitude de 3,5m durante a sizígia e 1,4m durante a quadratura (DHN, 2018; 2019), que representa um importante parâmetro nas variações morfológicas das praias em curto tempo (VALENTE, 2014), espera-se que em ambientes macromarés, a hidrodinâmica e a mobilidade da praia sejam alteradas com a variação de maré. As marés exercem uma função extremamente importante no transporte de sedimentos no litoral paraense (ALVES, 2001).

Figura 1: Mapa da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 Amostragem

As amostras de sedimento foram obtidas durante o ano de 2022, em Outubro no período seco por se tratar de um mês onde muitas pessoas frequentam a ilha por conta do Círio, que se trata de uma manifestação religiosa que ocorre na capital Belém e a população recorre as praias da ilha durante o feriado, e também no mês de Dezembro durante o período chuvoso no inverno amazônico, antes do intenso movimento das festas de final de ano. Foram escolhidas duas praias, uma com um grande fluxo de pessoas que é a Praia do Chapéu Virado e em comparativo outra com um pequeno fluxo de pessoas que é a Praia do Marahú, na Ilha de Mosqueiro no estado do Pará. Em cada praia foram amostrados 10 quadrantes, compondo assim 10 amostras independentes em cada praia, onde cada uma esteve distante 20 m da outra. As amostras de areia foram retiradas ao longo da linha de preamar, pois desta

forma coletamos os MPs depositados pela maré na faixa de areia da praia. Além disso, para que haja intercomparação entre as amostras, elas foram coletadas superficialmente, a uma profundidade de 1 cm.

As amostras coletadas foram armazenadas em recipientes de alumínio e identificadas de acordo com o ponto de coleta e sua respectiva praia, em campo também foram anotadas as coordenadas (latitude e longitude) de cada ponto

2.3 Secagem

As amostras foram levadas a estufa a 60°C por 48h e o controle da secagem foi feito por meio de repetidas pesagens. Em um becker foi colocado uma fração de areia e levada para estufa de secagem junto com as demais amostras foram pesadas a cada 24h para acompanhar o processo de perda de água. Quando a massa do conteúdo em análise estabilizou, as amostras foram deixadas na estufa de secagem por mais dois dias para garantir que estivessem completamente secas.

2.4 Flotação com solução de $ZnCl_2$

O ideal para este processo é o uso de uma solução salina concentrada feita a partir da mistura de 1,8 kg de $ZnCl_2$ anidro 97% P.A. em 1L de água deionizada por 48h a 60°C utilizando um agitador magnético com aquecimento a 120 rpm. A proporção usada para a flotação foi a adição da amostra na proporção de 250mL de solução para 150g de amostra (IMHOF et al., 2012). O motivo de utilizar esta solução é porque os microplásticos são menos densos que a água do mar e portanto eles flutuam nela, além disso o $ZnCl_2$ consegue reter partículas mais densas como o PET e PVC. A solução junto com a amostra foram colocadas em recipientes de vidro e misturadas por 2 minutos e cobertas com papel alumínio para evitar contaminação externa, em seguida deixamos as amostras em repouso por 24 horas. Após o tempo decorrido o material sobrenadante foi retirado com a ajuda de uma pipeta de vidro e transferido para outro recipiente, este processo foi repetido mais 1 vez utilizando a mesma solução para garantir uma maior eficiência na extração dos microplásticos.

2.5 Filtragem

Para isso será utilizada uma bomba a vácuo, onde a solução será colocada passando por um filtro de membrana de nitrato de celulose de poro 8µm onde os microplásticos

ficaram retidos. Para este processo foi montado um sistema utilizando um Kitassato de 1 L e um funil de buchner evitando a utilização de qualquer material de plástico que possa contaminar a amostra. Durante o processo é necessário ir jogando água destilada nas paredes do funil e no filtro para garantir que todo o plástico vá para o filtro e remover quaisquer precipitados de sal que possam ter se formado. Após a filtragem os filtros foram levados a estufa a 40° C até completa secagem para análise em microscópio.

2.6 Classificação

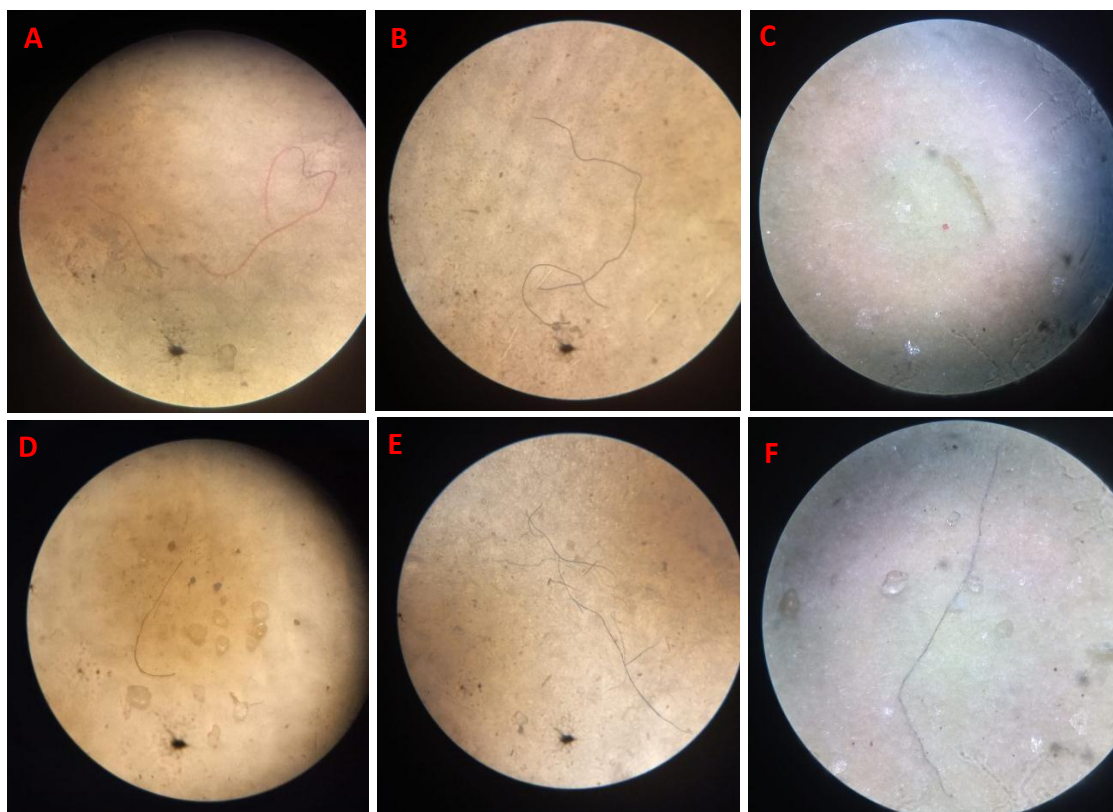
As partículas de microplásticos encontradas foram analisadas por meio de um microscópio estereoscópico para categoriza-las em tipos diferentes, fragmentos, pellets, filamentos, etc e também em cores. Nessa etapa utilizamos o microscópio com aumento de 40x para fazer uma separação manual dos MPs de outros itens visíveis, como galhos, conchas e organismos marinhos. Além disso, também foi feita a contagem dos microplásticos.

3. Resultados e discussão

A taxa de recuperação foi superior a 70% para os tipos de microplásticos utilizados conseguindo ser recuperados todos os tipos utilizados, o que mostrou a eficácia do método escolhido.

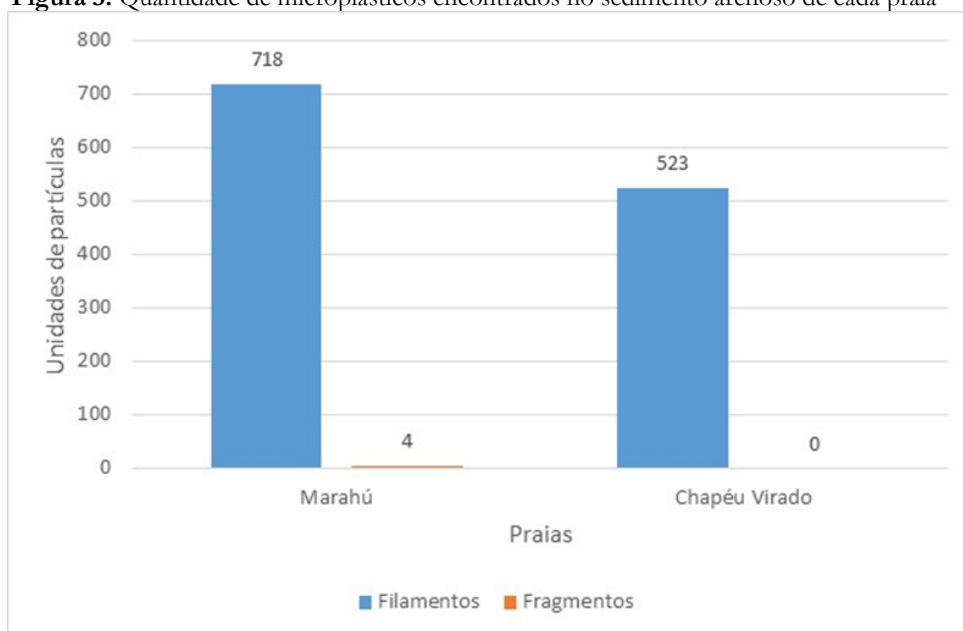
Foram detectados Microplásticos em todos os 40 pontos amostrados, no sedimento arenoso das praias estudadas foram identificados 1245 Microplásticos (MPs) classificados como secundários, sendo 1241 unidades (un.) de filamentos (99,67%) e 4 un. de fragmentos (0,32%) (Figura 2). A praia do Marahú apresentou maior quantidade de partículas de MP's em comparação com a praia do Chapéu Virado (Figura 3). A análise visual dos formatos dos microplásticos foi efetuada baseando-se nos critérios utilizados por Iannacone *et al.* (2021). As formas dos MPs adotadas foram os filamentos (plásticos finos, retos ou não), fragmentos (grânulos de plástico rígidos e assimétricos) (IANNACONE *et al.*, 2021). Os filamentos, também conhecidos como fibras, possuem um comprimento muito maior que a largura, cuja medida normalmente fica entre 10-30µm, dando a eles um aspecto alongado (LUSHER *et al.*, 2020). Outro tipo de microplástico identificado foram os fragmentos, cujo formato disforme implica que ele é oriundo do fracionamento de polímeros maiores (FREITAS, 2022).

Figura 2: Tipos de Microplásticos encontrados, A- Filamentos vermelho e azul, B- Filamento azul, C - Fragmento vermelho, D – Fragmentos vermelhos e azuis e filamento vermelho, E – Filamentos azuis, F – filamento azul



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3: Quantidade de microplásticos encontrados no sedimento arenoso de cada praia



Fonte: Elaborado pelos autores

A identificação de microplásticos nas areias das praias em estudo reflete a

contaminação ubíqua por plástico. No entanto, cabe destacar que a Praia do Marahú, apesar de ser uma praia turística, não é a praia mais frequentada da ilha de Mosqueiro, porém registrou a maior quantidade de partículas. Algumas razões para a quebra dos materiais plásticos depositados nas praias é o processo de fotodegradação que os polímeros sofrem pela ação do calor e da maré (AUTA, H. S.; EMENIKE, C. U.; FAUZIAH, S. H., 2017). As prováveis fontes desses microplásticos são os materiais transportados pelas marés, os resíduos sólidos que são transportados ao longo da praia, bem como o descarte inadequado de resíduos pelos banhistas. Embora as áreas densamente povoadas sejam reconhecidas como a principal fonte terrestre de contaminação por MPs, este estudo corrobora com outras pesquisas no mundo que apontam a presença deles em áreas com pouca intervenção humana. Alomar *et al.*, (2016) constataram maiores concentrações de MP's justamente nas duas praias não urbanizadas, situadas no Parque Nacional Marítimo-Terrestre do Arquipélago de Cabrera, indicando que esses resíduos são carregados para longe de sua fonte de origem e as áreas marinhas protegidas não estão livres da contaminação. Nesse contexto, Baztan *et al.* (2014) também constataram que todas as áreas amostradas nas Ilhas Canárias (Espanha) estão suscetíveis à poluição por MPs, inclusive em locais desabitados, como é o caso da Praia de Cochinos, localizada dentro do Parque Nacional de Timanfaya.

A presença de um grande número de filamentos presente nesse estudo pode ser explicada pela intensificação de atividades econômicas realizadas na região, como a pesca, desenvolvida pelas comunidades tradicionais ribeirinhas que utilizam em seus artefatos redes de pesca e cordas constituídas por fibras azuis e transparentes encontradas majoritariamente nas praias. Conforme observado nas análises os MPs exibiram cores vermelhas para os fragmentos e para os filamentos foram encontradas as cores transparentes, azuis, verdes e vermelhas. A alta diversidade de cores indica a vasta gama de fontes de MPs (YU *et al.*, 2016).

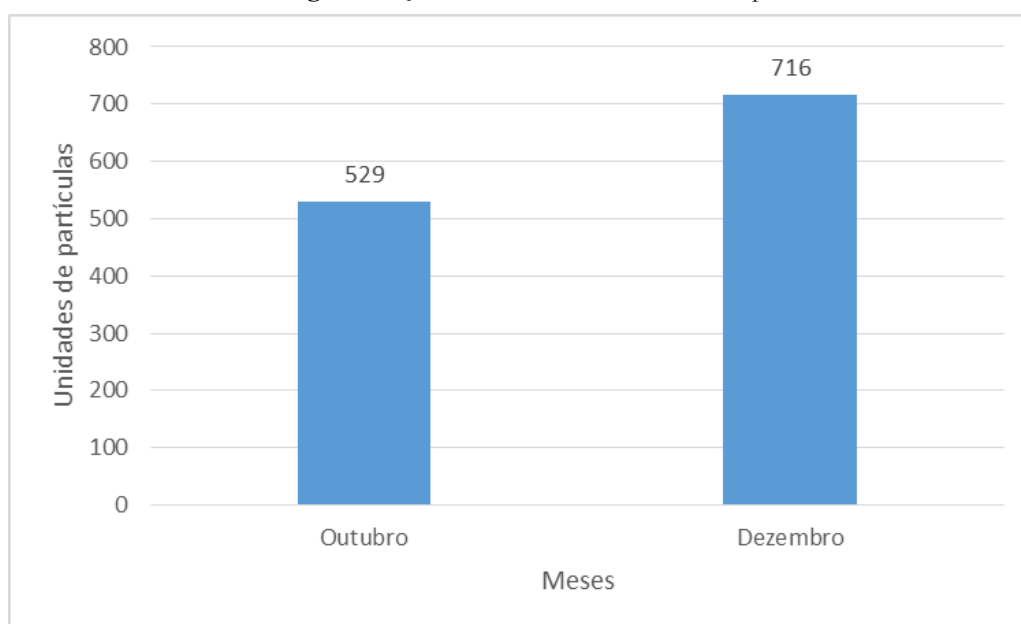
Existem estudos relatando que os efluentes de origem orgânica (advindos da descarga de esgotos) são uma das principais fontes de microplásticos filamentosos (BOUR *et al.*, 2018; FREIRE, 2019; SANTOS *et al.*, 2022). Essas grandes concentrações podem também ser atribuídas à lavagem de roupas. Há estimativas de que águas residuais de lavanderia contêm concentrações superiores a 1.900 fibras por lavagem (PIÑONCOLIN *et al.*, 2020). Nas praias em estudo existiam esgotos que eram despejados diretamente nas praias sem qualquer tipo de tratamento e que

consequentemente poderiam parar no mar.

O total de partículas plásticas encontrados superficialmente nas praias em estudo, são superiores às observadas na ilha da Trindade (993 microplásticos) (IVAR DO SUL *et al.*, 2017), Porém há uma semelhança com o presente estudo pelo fato dos filamentos serem predominantestambém nesta praia.

Em relação a quantidade de microplásticos encontrados em cada mês de coleta, constatou-se que o mês de dezembro apresentou maior concentração de MP's (Figura 4).

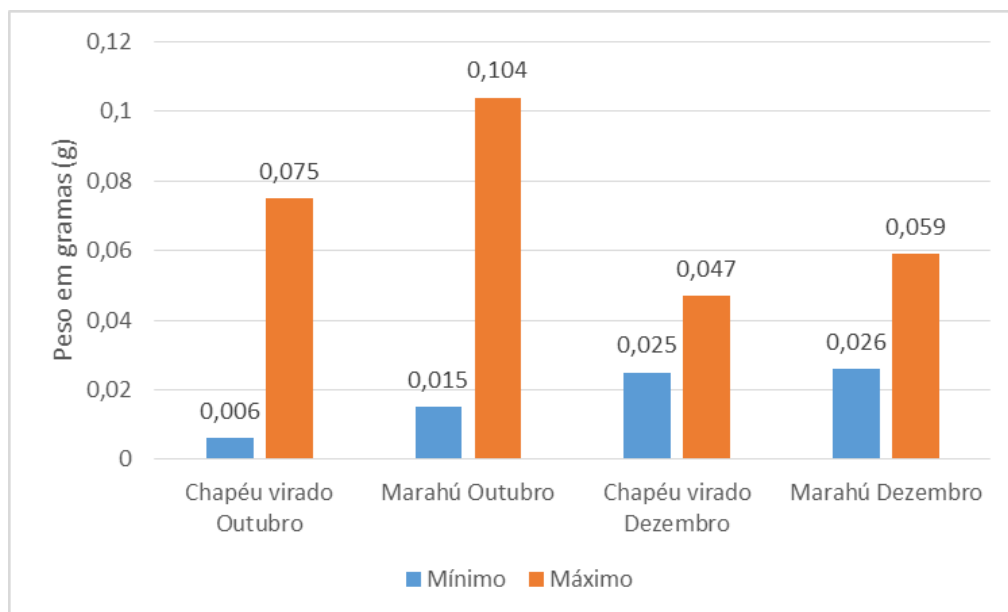
Figura 4: Quantidades de MP's encontrados por mês



Fonte: Elaborado pelos autores

Isso pode se dar pelo fato de que durante o mês de dezembro as praias são bastante frequentadas por turistas devido a férias escolares, onde muitas pessoas recorrem a ilha em busca de descanso e também lazer, o que pode acarretar no descarte de um grande número de resíduos na areia.

Em relação ao peso dos MP's, o menor valor encontrado em gramas (g) foi 0,006g na praia do Chapéu Virado e o maior 0,104g na praia do Marahú ambos no mês de outubro (Figura 5). Esses resultados ratificam a enorme probabilidade destes materiais flutuarem pelo ar e transportar-se para outros lugares ou mesmo contaminar pessoas através da inalação. Eriksen *et al.* (2014) em seu estudo estima que a quantidade de plásticos presente nos oceanos do mundo esteja em torno de 5,25 trilhões de objetos poliméricos, pesando aproximadamente 269 mil toneladas. Entretanto, mesmo que leves separadamente, os microplásticos reunidos têm um peso enorme.

Figura 5: Pesos mínimos e máximos de MP's

Fonte: Elaborado pelos autores

Entre as fontes para a poluição do ar por MP's estão o desgaste de pneus, queima de lixo, lavagem de roupas, processos na indústria (como o retalhamento de objetos plásticos) e asuspensão da poeira nas ruas (BELLESA, 2020).

A importância de mensurar a quantidade de MPs em um ambiente costeiro está correlacionado a probabilidade de ingestão destes grânulos pelos seres da biota aquática, pois o risco de engano alimentício entre os animais é maior (LARA, 2022).

As distintas formas de MPs podem fornecer respostas variadas nos organismos expostos, pois cada tipo fornece uma interação diferente, podendo ser absorvidos, adsorvidos ou serem usados como superfície para a proliferação de microrganismos, o que sugere a influência direta da morfologia dos fragmentos plásticos nos processos de bioacumulação e biomagnificação (RANI- BORGES, B.; VICENTE, E.; POMPEO, M., 2022).

Os efeitos do microplástico nos animais são diversos e podem até levar animais de médio porte, como peixes e aves, à morte por subnutrição, pois causam uma falsa sensação de saciedade, pode ocorrer também intoxicação do plástico pelos compostos presentes nele, como o Bisfenol A e o Ftalato, e substâncias que podem ser captadas, visto que o plástico convencional pode facilmente absorver poluentes orgânicos persistentes (POPs) e metais pesados, além disso, podem-se observar também efeitos físicos como a obstrução do trato digestivo (OLIVATTO et al., 2018). Alguns exemplos

de impactos dos microplásticos que podem ser citados são: afetam os processos fotossintéticos, o crescimento de microalgas e por serem facilmente ingeridos e/ou absorvidos, o mesmo pode se acumular ao longo da cadeia alimentar (SJOLLEMA et al., 2016).

Após serem despejados no ambiente, estes microplásticos sofrerão processos ambientais, como acumulação, degradação e dispersão, sob diferentes condições ambientais, eventualmente interagindo com o corpo humano através de várias rotas de exposição, incluindo inalação, ingestão e contato dérmico (PRATA et al., 2020). Embora todas as três rotas contribuam para a quantidade total de microplásticos presentes no corpo humano, são as partículas no pescado, sal, açúcar, bebidas engarrafadas e no meio ambiente que constituem o maior risco de exposição absoluta (YEE et al., 2021).

Vários estudos vêm investigando a presença e a interação de microplásticos nos mais diversos locais e organismos, como por exemplo, na Península Antártica (FRAGÃO, 2020), em corais (SOARES et al., 2020), no ar em aterro sanitário (REZENDE et al., 2020), no trato digestivo de tartarugas marinhas e até mesmo em cetáceos, sendo observado em cachalotes e toninhas (SIGLER, 2014).

Nos seres humanos, os microplásticos podem ocasionar danos como distúrbios metabólicos, neurotoxicidade e aumento do risco de câncer (RAHMAN et al., 2021), (STREET; BERNASCONI, 2021). Entretanto, os trabalhos realizados até o momento baseiam-se em experimentos laboratoriais com células e tecidos humanos e com animais modelos, como ratos e camundongos (CHO; CHOI, 2021). Estudos realizados com ratos, demonstraram o surgimento de inflamações na parede intestinal (LI, et al., 2020), diminuição na contagem de espermatozoides (JIN et al., 2021) e filhotes menores (PARK et al., 2020). Desta forma, ainda não foi possível obter respostas concretas dos efeitos que os microplásticos podem causar nos seres humanos. Entretanto, ainda que os efeitos maléficos dos microplásticos no ser humano sejam desconhecidos, recentemente estudos reportaram que um homem pode ingerir entre 94,283 até 113,743 microplásticos por ano. Neste sentido, alguns estudos já alertaram para a presença destas partículas em órgãos, fezes e placenta humana (RAGUSA et al., 2021), (AMATO-LOURENÇO et al., 2021). Considerando o exposto até o momento, é evidente que os microplásticos possuem potencial danoso tanto para o meio ambiente, biota e seres humano e, portanto, compreender sua distribuição, transporte e características é fundamental para desenvolver estratégias a fim de mitigar o problema da poluição

4. Conclusões

A presença de Microplástico (MPs) foi registrada em todos os pontos das praias em estudo, sendo a atividade econômica desenvolvida na região uma das possíveis fontes de fibras para as praias. A hidrodinâmica local pode exercer influência na deposição de microplásticos e também pode ser responsável pelo transporte destes para regiões adjacentes. Uma das maiores preocupações atuais quanto à presença de microplásticos em ambientes praias são as consequências deste para as comunidades biológicas. Desta forma, recomendam-se estudos mais específicos sobre a contaminação de praias por microplásticos considerando os impactos à biota.

A importância de estudos como este reside na potencial entrada destes fragmentos na cadeia alimentar através da ingestão de microplásticos por organismos aquáticos e, conseqüentemente, pelos seres humanos que se alimentam dos mesmos, portanto, é recomendável um monitoramento, além disso, este estudo pode auxiliar como plano de manejo na gestão da ilha de Mosqueiro sendo utilizado por órgãos competentes e também no desenvolvimento de projetos e políticas com o objetivo de estabelecer leis preventivas e de combate à poluição aos ecossistemas, uma vez que a retirada dos microplásticos do meio ambiente é uma prática inviável.

Por fim, esta pesquisa pode servir como material de divulgação científica a fim de promover a educação ambiental da sociedade com dados científicos fundamentados por meio de observações práticas para que a população seja alertada quanto ao uso consciente e descarte adequado de materiais plásticos.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

6. Referências

ALMEIDA, C. C. **Pellets Plásticos em praias arenosas em duas ÁREAS portuárias do Estado do Ceará**. 130 f. Dissertação de Mestrado em Ciências marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

ALOMAR, C.; ESTARELLAS, F. & DEUDERO, S. Microplastics in the Mediterranean Sea: deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. **Marine Environmental Research**, v. 115, p. 1-10, 2016.

ALVES, M.A.M.S. **Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua, Nordeste do Pará**. 2001. 104f. Dissertação (mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

AMATO-LOURENÇO, L. F.; CARVALHO-OLIVEIRA, R.; JÚNIOR, G. R.; DOS SANTOS GALVÃO, L.; ANDO, R. A.; MAUAD, T. Presence of Airborne Microplastics in Human Lung Tissue. *J. Hazard. Mater.* 2021, 416, 126124. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126124>.

ANDRADES, R. et al. Anthropogenic litter on Brazilian beaches: Baseline, trends and recommendations for future approaches. **Marine Pollution Bulletin**. v.151, n.110842, p. 1-8, 2020.

ARRUDA, M. A. **Polímeros materiais que transformaram o mundo**. 69 f. Dissertação de Mestrado em Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2020.

ATLAS DO PLÁSTICO. **Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos**. Fundação Heinrich Böll. ISBN / DOI 978-65-87665-02-3. Novembro. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842>>. Acesso em 08 set. 2022.

AUTA, H. S.; EMENIKE, C. U.; FAUZIAH, S. H. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. **Environment International**, v. 102, p. 165-176, 2017.

BAZTAN, J. et al. Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: first diagnosis of three islands in the Canary Current. **Marine Pollution Bulletin**, v. 80, p. 302- 311, 2014.

BELÉM. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/politica/4027128/duciomar-costa-inaugura-novosreservatorios-de-agua-em-mosqueiro-pa>>. Acesso em 22 Mai. 2022.

BELLES, M. **Artigo revisa dados sobre microplásticos no ar e aponta riscos à saúde.**

Instituto de Estudos Avançados da USP, 2020. Disponível em:

<<http://www.iea.usp.br/noticias/microplasticos-no-ar>>. Acesso em: 27 de Jan. de 2024.

BOUR, A. *et al.* Environmentally relevant microplastic exposure affects sediment dwelling bivalves. **Environmental Pollution**, v. 236, p. 652-660, 2018.

CHO, Y. M.; CHOI, K. H. The Current Status of Studies of Human Exposure Assessment of Microplastics and Their Health Effects: A Rapid Systematic Review. **Environ. Health Toxicol.** 2021, 36 (1), 1–8. <https://doi.org/10.5620/eaht.2021004>.

COUCEIRO, D. C. D. S. **Definição de uma metodologia para extração e quantificação de microplásticos em areia de praia.** 2019. Dissertação de mestrado Instituto Politécnico de Coimbra Escola Superior Agrária de Coimbra.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábua das marés.** Marinha do Brasil. 2019. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br>> Acesso em: 26 nov. 2022.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábua das Marés.** Marinha do Brasil. 2018. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br>>. Acesso em: 18 nov. 2022

ERIKSEN, M. *et al.* Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. **Plos One**, v. 9, n. 12, p. 1-15, 2014.

FRAGÃO, Joana Rita Costa. **Microplastics in penguins from Antarctic Peninsula.** 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2020.

FREIRE, A. E. **Identificação de microplásticos em águas residuárias do Distrito Federal: uma nova classe de contaminantes de interesse emergente.** 2019. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Tecnológica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

FREITAS, B. S. **Contaminação por microplásticos em carne salgada do tipo charque comercializada em Itacoatiara e Parintins, AM, Brasil.** 2022. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Ciências - Química e Biologia) - Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2022.

FURTADO, A.M.M; SILVA JÚNIOR, O.D.C. **Impactos ambientais do desmatamento e expansão urbana na ilha do mosqueiro Belém – Pará – Brasil)**

2006.

GIMILIANI, T. G. **Caracterização de microplásticos em amostras marinhas e estuarinas**. 184 f. Tese de Doutorado em Ciências Tecnologia Nuclear. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo, 2021.

IANNACONE, J. *et al.* Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. **Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú**, Lima, v.8, n.2, mar./abr., 2021.

IMHOF, HK, SCHMID, J., NIESSNER, R., IVLEVA, NP E LAFORSCH, C. (2012). Um método novo e altamente eficiente para a separação e quantificação de partículas plásticas em sedimentos de ambientes aquáticos. **Limnologia e oceanografia: métodos**, 10 (7), 524-537.

IVAR DO SUL, J.A., COSTA, M., & FILLMANN, G. (2017). Occurrence and characteristics of microplastics on insular beaches in the Western Tropical Atlantic Ocean. **PeerJ Preprints**. 1(e2901),1-11. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.2901v1>

IVAR DO SUL, J.A; COSTA, M. F. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. **Environ. Pollut.** v. 185, p. 352–364. 2014.

JIN, H.; MA, T.; SHA, X.; LIU, Z.; ZHOU, Y.; MENG, X.; CHEN, Y.; HAN, X.; DING, J. Polystyrene Microplastics Induced Male Reproductive Toxicity in Mice. **J. Hazard. Mater.** 2021, 401, 123430. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123430>.

LARA, Z. L. **Microplásticos de poliamida e desreguladores endócrinos: influência de fatores ambientais e da fotodegradação**. 107 f. Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022.

LI, B.; DING, Y.; CHENG, X.; SHENG, D.; XU, Z.; RONG, Q.; WU, Y.; ZHAO, H.; JI, X.; ZHANG, Y. Polyethylene Microplastics Affect the Distribution of Gut Microbiota and Inflammation Development in Mice. **Chemosphere** 2020, 244, 125492. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125492>.

MONTAGNER, C.C., DIASA, M.A., PAIVAA, E.M., & VIDALA, C. **Microplásticos: Ocorrência Ambiental E Desafios Analíticos**. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, Brasil, 2021.

OLIVATTO, Glaucia P. et al. Microplásticos: contaminantes de preocupação global no antropoceno. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018.

PARK, E. J.; HAN, J. S.; PARK, E. J.; SEONG, E.; LEE, G. H.; KIM, D. W.; SON, H. Y.; HAN, H. Y.; LEE, B. S. Repeated-Oral Dose Toxicity of Polyethylene Microplastics and the Possible Implications on Reproduction and Development of the next Generation. **Toxicol. Lett.** 2020, 324, 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.01.008>.

PEREIRA, N. J. **Catalisadores óxidos mistos de zn-fe obtidos de hidrotalcitas**

para despolimerização de pet. 95f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

PIÑON-COLIN, T.J. et al. Microplastics in stormwater runoff in a semiarid region, Tijuana, Mexico. **Science of the Total Environment**, v. 704, p 135411, 2020.

POMPEO, M.; BORGES-R. B.; PAIVA, B. C. **Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções**. São Paulo: Instituto de Biociências, 2022.

PRATA, Joana Correia et al. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. **Science of the Total Environment**, v. 702, 2020.

RAGUSA, A.; SVELATO, A.; SANTACROCE, C.; CATALANO, P.; NOTARSTEFANO, V.; CARNEVALI, O.; PAPA, F.; RONGIOLETTI, M. C. A.; BAIOTTO, F.; DRAGHI, S.; D'AMORE, E.; RINALDO, D.; MATTA, M.; GIORGINI, E. Plasticenta: First Evidence of Microplastics in Human Placenta. **Environ. Int.** 2021, 146,106274. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2020.106274>.

RAHMAN, A.; SARKAR, A.; YADAV, O. P.; ACHARI, G.; SLOBODNIK, J. Potential Human Health Risks Due to Environmental Exposure to Nano- and Microplastics and Knowledge Gaps: A Scoping Review. **Sci. Total Environ.** 2021, 757, 143872. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.143872>.

REZENDE, Virgínia Edite et al. Dispersão de microplásticos pelo ar em aterro sanitário. **Abes -Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Cuiabá, 2020.

SANTOS, N. S. *et al.* Identificação de microplásticos em efluente doméstico do município de Alagoinhas-BA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 67-81, 2022.

SIGLER, M. The effects of plastic pollution on aquatic wildlife: current situations and future solutions. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 225, n. 11, p. 1-9, 2014.

SILVA, F. D. H. **Plástico residual: poluente expandido pela covid-19 e a atuação da biotecnologia em mitigar o dano ambiental**. 40f. Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharel em Biotecnologia. Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2021.

SJOLLEMA, Sascha B. et al. Do plastic particles affect microalgal photosynthesis and growth? **Aquatic Toxicology**, v. 170, p. 259-261, 2016.

SOARES, E. A. Poli(tereftalato de etileno) (PET). **Plástico Industrial**, 2021. Disponível em: <[https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/1681-Poli\(tereftalato-de-etileno\)-\(PET\).html](https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/1681-Poli(tereftalato-de-etileno)-(PET).html)>. Acesso em: 20 de jul. de 2023.

STREET, M. E.; BERNASCONI, S. Microplastics, Environment and Child Health. **Ital. J. Pediatr.** 2021, 47 (1), 1–3. <https://doi.org/10.1186/s13052-021-01034-3>.

VALENTE, H.M. **Morfodinâmica e Sedimentologia das Praias Estuarinas da Ilha do Mosqueiro - Pará.** In: V Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2014, Itajaí (SC). Anais de Resumos. Itajaí (SC). p: 1447-1448.

YEE, MAXINE SWEE-LI et al. Impact of microplastics and nanoplastics on human health. **Nanomaterials**, v. 11, n. 2, p. 496, 2021.

YU, X.; PENG, J.; WANG, J.; WANG, K.; BAO, S. Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. **Environ. Pollut.** v. 214, p. 722–730. 2016.