

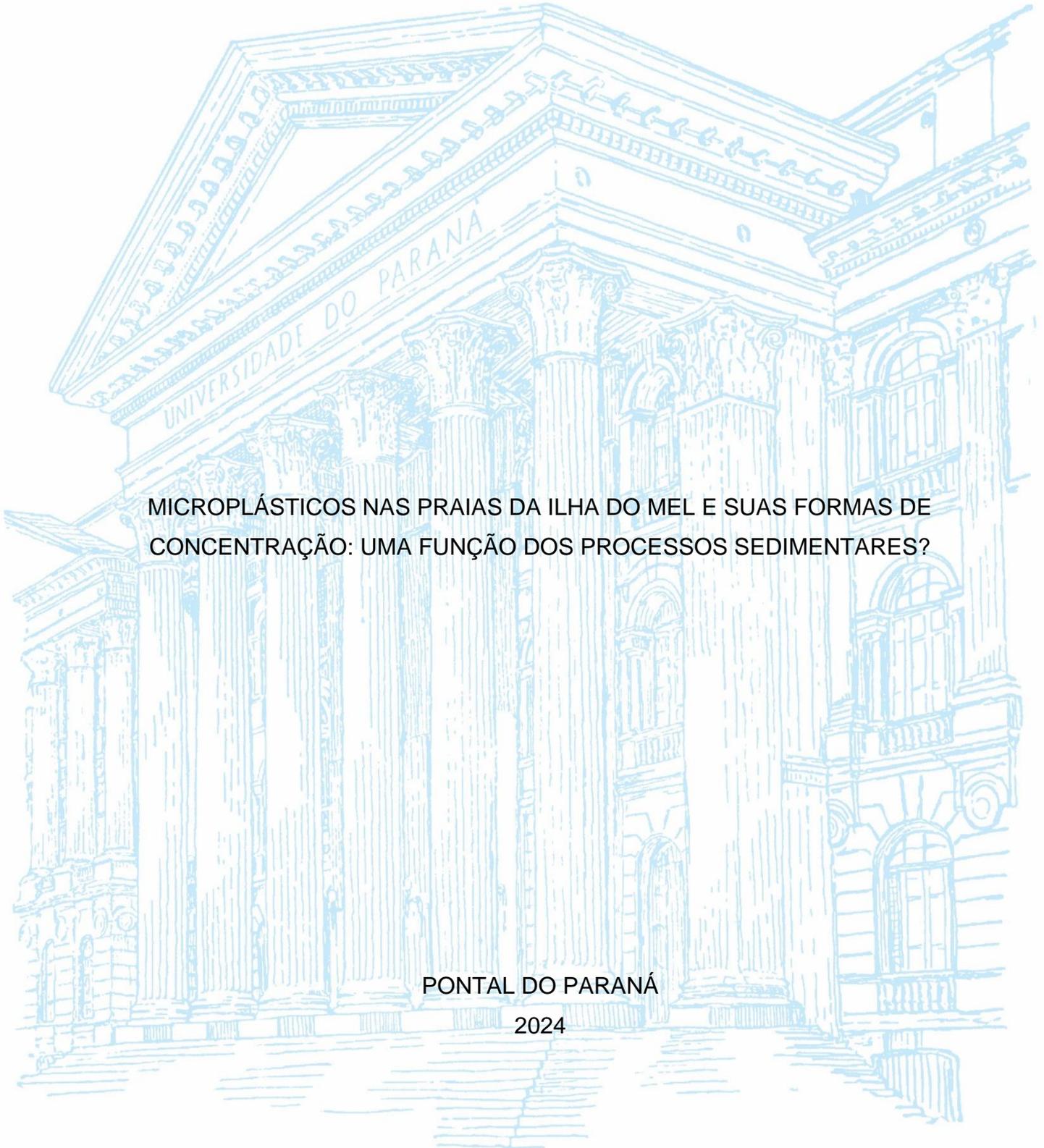
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LAURA DE OLIVEIRA NAUCK

MICROPLÁSTICOS NAS PRAIAS DA ILHA DO MEL E SUAS FORMAS DE
CONCENTRAÇÃO: UMA FUNÇÃO DOS PROCESSOS SEDIMENTARES?

PONTAL DO PARANÁ

2024



LAURA DE OLIVEIRA NAUCK

MICROPLÁSTICOS NAS PRAIAS DA ILHA DO MEL E SUAS FORMAS DE
CONCENTRAÇÃO: UMA FUNÇÃO DOS PROCESSOS SEDIMENTARES?

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Oceanografia do
Campus Avançado Pontal do Paraná – Centro
de Estudos do Mar, da Universidade Federal do
Paraná, como requisito à aprovação na
disciplina de TCC.

Orientador: Dr. Marcelo Renato
Lamour

PONTAL DO PARANÁ

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE OCEANOGRAFIA
Avenida Deputado Aníbal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul, Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976
Telefone: (41) 3511-8626 - <http://www.ufpr.br/>

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

LAURA DE OLIVEIRA NAUCK

“Microplásticos nas praias da Ilha do Mel: uma função dos processos sedimentares?”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharela em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Prof. Dr. Marcelo Renato Lamour
Prof. Orientador - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Rodrigo Azevedo Nascimento
CPP-CEM/UFPR

Me. Cecília Caroline Vieira Nunes Massignani
Egressa PGSISCO - CPP-CEM/UFPR

Pontal do Paraná, 19 de dezembro de 2024



Documento assinado eletronicamente por **RODRIGO AZEVEDO NASCIMENTO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/01/2025, às 16:35, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CECILIA CAROLINE VIEIRA NUNES MASSIGNANI, Usuário Externo**, em 24/01/2025, às 16:36, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO RENATO LAMOUR, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/02/2025, às 10:22, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **7439819** e o código CRC **FC6672C6**.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio, incentivo e colaboração de muitas pessoas, às quais expressou minha profunda gratidão.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Marcelo Renato Lamour, pela paciência, orientação e dedicação ao longo de todo o processo. Agradeço também pelas várias horas de conversa no laboratório, onde falávamos sobre qualquer assunto, o que sempre foi uma ótima maneira de descontrair.

Aos meus pais, Glaucio e Anamaria, meu porto seguro, obrigado pelo amor incondicional, apoio emocional e compreensão nos momentos mais necessário. Vocês foram minha fonte de força e motivação, e este trabalho é, em grande parte, dedicado a vocês. À minha irmã, Rafaela, que sempre apoiou minhas ideias e me ajudou sempre que possível, minha gratidão eterna.

Aos meus amigos de laboratório e para a vida, Brendo, Keth, Sah, Letícia e Álvaro, agradeço pelos momentos de aprendizado, desafios e conquistas compartilhados. As discussões, colaborações e companheirismo foram essenciais para meu crescimento pessoal e acadêmico. Obrigado por todas as conversas, idas ao cordeiro e aqueles momentos descontraídos, além das ajudas úteis durante a realização deste trabalho.

Aos amigos que fizeram durante a graduação, Ingrid, Yasmyn, Ana Júlia, Yasmin, Lígia e Fabiano, agradeço imensamente, pois também foram essenciais para que eu chegasse até aqui. À minha dupla de oceano, Irina, por me aguentar em todos os trabalhos possíveis, por puxarmos juntas optativas e tornar esse processo mais leve e agradável. Você é incrível! Aos amigos que fizeram por causa do Oceano, Ana Gomes, Rubens e Myllenna, vocês fizeram esse caminho mais leve e divertido.

Aos meus amigos de Curitiba e SP, Beatriz, Isa, Rai e Hanna, que sempre entenderam os motivos da minha ausência devido à faculdade, e me ajudaram a lembrar que, mesmo por muito tempo, a amizade permanece firme, independentemente do tempo sem nos vermos. E por último, a mim mesma, por ter finalizado esta etapa, aproveitando tudo o que essa jornada me proporcionou.

Não vale a pena mergulhar
nos sonhos e esquecer de viver.
- HP

RESUMO

Este estudo examina a distribuição e o acúmulo de microplásticos (MPs) e mesoplásticos ao longo da linha superior de deixa na Ilha do Mel (PR), localizada no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), é um ambiente costeiro de alta relevância ecológica e turística. Com o aumento da poluição plástica em decorrência do descarte incorreto em regiões costeiras, necessita uma investigação, especialmente em áreas consideradas não urbanizadas e UCs, para entender as forças oceanográficas que atuam nessa distribuição. O objetivo deste trabalho foi mapear os MPs e mesoplásticos nos ambientes da ilha, identificando padrões de acúmulo e associando-os às dinâmicas costeiras e características ambientais locais.

Foram definidos 25 pontos amostrais em cada área, sendo na linha de maré mais alta, ou seja, na linha de deixa as coletas, onde os resíduos tendem a se acumular, utilizando um amostrador cilíndrico de aço e uma chapa de aço para coleta de 15cmX5cm, foram armazenadas as amostras em recipientes de 900ml de alumínio. Posteriormente, foram feitas as análises granulométricas e de separação e quantificação dos microplásticos e mesoplásticos em laboratório.

As praias dissipativas, caracterizadas por sedimentos finos e ampla zona de surfe, mostraram maior retenção de MPs devido à baixa energia das ondas, enquanto as praias refletivas, de alta energia e sedimentos mais grossos, apresentaram menor concentração de resíduos plásticos, pois são redistribuídos pelas ondas. A ação das correntes de maré no CEP exporta MPs para o mar aberto, enquanto as correntes litorâneas transportam sedimentos para o norte, influenciando o acúmulo em locais específicos, principalmente em praias de enseada, como nos pontos P18 e P22.

Este estudo reforça a necessidade de gestão ambiental e monitoramento de MPs e mesoplásticos em áreas costeiras, especialmente em ambientes naturais e de turismo, como a Ilha do Mel. Estratégias de preservação e mitigação são essenciais para a conservação de ecossistemas costeiros vulneráveis a poluentes plásticos.

Palavras-chave: Microplástico. Ilha do Mel. Praia.

ABSTRACT

This study examines the distribution and accumulation of microplastics (MPs) and mesoplastics along the upper cue line on Ilha do Mel (PR), located in the Paranaguá Estuarine Complex (CEP), a coastal environment of high ecological and tourist relevance. With the increase in plastic pollution due to incorrect disposal in coastal regions, investigation is necessary, especially in areas considered non-urbanized and UCs, to understand the oceanographic forces that act on this distribution. The objective of this work was to map MPs and mesoplastics in the island's environments, identifying accumulation patterns and associating them with coastal dynamics and local environmental characteristics.

25 sampling points were defined in each area, being at the highest tide line, that is, the collection line, where waste tends to accumulate, using a cylindrical steel sampler and a steel plate for collection. Samples were stored in 900ml aluminum containers 15cmX5cm. Subsequently, granulometric and separation analyzes and quantification of microplastics and mesoplastics were carried out in the laboratory.

Dissipative beaches, characterized by fine sediments and a wide surf zone, showed greater retention of MPs due to low wave energy, while reflective beaches, with high energy and thicker sediments, showed a lower concentration of plastic waste, as they are redistributed by waves. The action of tidal currents in the CEP exports MPs to the open sea, while coastal currents transport sediments to the north, influencing accumulation in specific locations, mainly on cove beaches, such as points P18 and P22.

This study reinforces the need for environmental management and monitoring of MPs and mesoplastics in coastal areas, especially in natural and tourism environments, such as Ilha do Mel. Preservation and mitigation strategies are essential for conserving coastal ecosystems vulnerable to plastic pollutants.

Keywords: Microplastic. Ilha do Mel. Beach.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ILHA DO MEL – PR; FONTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR) (2010).	27
FIGURA 2: MAPA DO SENTIDOS DAS CORRENTES DE DERIVA INFERIDAS AO REDOR DA ILHA DO MEL; FONTE: (PARANHOS, 1996). 30	
FIGURA 3: UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA ILHA DO MEL - PR; FONTE: STCP ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.,(2011); LACTEC (2004).	32
FIGURA 4: PONTOS AMOSTRAIS ILHA DO MEL – PR, OS NÚMEROS REPRESENTAM OS PONTOS AMOSTRAIS E SUA SEQUÊNCIA AMOSTRAL FONTE: AUTORA (2024).	35
FIGURA 5: PRIMEIRO É IDENTIFICADO O LOCAL DE COLETA, UTILIZANDO UM CILINDRO DE AÇO DE 15X5CM PARA DELIMITAÇÃO DA AMOSTRAGEM (A), EM SEGUIDA É INSERIDO O CILINDRO NO SEDIMENTO, DEIXANDO PARELHO COM A SUPERFÍCIE (B), UTILIZANDO UMA CHAPA DE AÇO PARA RETIRAR O EXCESSO DO SEDIMENTO AO REDOR DO LOCAL DE COLETA (C) FACILITANDO A RETIRADA DOS 5CM SUPERFICIAIS COM A INSERÇÃO DA MESMA CHAPA NA PARTE INFERIOR DO AMOSTRADOR (D) E POSTERIORMENTE ARMAZENADA A AMOSTRA E IDENTIFICADA.	36
FIGURA 6: JOGO DE PENEIRAS DE MESH DIFERENTES NO EQUIPAMENTO DE ROTAÇÃO PARA GRANULOMETRIA (AUTOR, 2024)	37
FIGURA 7: FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE (AUTOR, 2024).	38
FIGURA 8: HISTOGRAMA DOS PONTOS AMOSTRAIS 1, 2 E 3 (AUTOR, 2024).	41
FIGURA 9: HISTOGRAMA GRANULOMÉTRICO DOS PONTOS AMOSTRAIS 4, 5 E 6 (AUTOR, 2024).	42
FIGURA 10: HISTOGRAMA GRANULOMÉTRICO DOS PONTOS AMOSTRAIS 7, 8 E 9 (AUTOR, 2024).	42
FIGURA 11: HISTOGRAMA GRANULOMÉTRICO DOS PONTOS AMOSTRAIS 10, 11 E 12 (AUTOR, 2024).	43
FIGURA 12: HISTOGRAMA GRANULOMÉTRICO DOS PONTOS AMOSTRAIS 13, 14 E 15 (AUTOR, 2024).	44
FIGURA 13: HISTOGRAMA GRANULOMÉTRICO DOS PONTOS AMOSTRAIS 16, 17 E 18 (AUTOR, 2024).	45
FIGURA 14: HISTOGRAMA GRANULOMÉTRICO DOS PONTOS AMOSTRAIS 19, 20 E 21 (AUTOR, 2024).	46
FIGURA 15: HISTOGRAMA GRANULOMÉTRICO DOS PONTOS AMOSTRAIS 22, 23, 24 E 25 (AUTOR, 2024).	46
FIGURA 16: GRÁFICO DE FREQUÊNCIA ACUMULADA (AUTOR, 2024).	48
FIGURA 17: A IMAGEM A É UM FRAGMENTO DE MESOPLÁSTICO AZUL, DE 1,3CM, RÍGIDO E FORMATO IRREGULAR. NAS IMAGENS B E C, TEMOS DOIS PELLETS DE FORMATO CIRCULAR, LISO, TRANSPARENTE MEIO AMARELADO E 4MM DE COMPRIMENTO(B) E GRANULAR (C), DE COR AMARELO ESCURO, 5MM DE C COMPRIMENTO E DURO. NAS IMAGENS D, E E F SÃO 3 FRAGMENTOS DE MP, SENDO O D DE 5MM, BRANCO LEVEMENTE AMARELADO, FORMATO IRREGULAR E RÍGIDO. NA IMAGEM E, UM FRAGMENTO IRREGULAR, MAS QUE LEMBRA O FORMATO DE UM TRIÂNGULO COM 2MM DE COMPRIMETO E RÍGIDO. POR ÚLTIMO, O FRAGMENTO DA IMAGEM F QUE SE DIFERENCIA BEM DOS ANTERIORES PELO SEU FORMATO IRREGULAR, COM 3MM, BRANCO LEVEMENTE AMARELADO E DURO (AUTOR, 2024).	50
18: NA AMOSTRA P2, FORAM ENCONTRADOS 2 FRAGMENTOS DE MESOPLÁSTICO: UM VERDE CLARO DE 10MM, RÍGIDO E COM FORMATO IRREGULAR (P2 A), E OUTRO FRAGMENTO TRANSPARENTE, DURO, DE FORMA IRREGULAR, COM 7MM (P2 B). NO P3, HÁ UM FRAGMENTO DE TINTA VERDE, MEDINDO 2MM DE COMPRIMENTO E COM FORMATO IRREGULAR (P3 A), UM FRAGMENTO MESOPLÁSTICO BRANCO, COM FORMATO IRREGULAR, 11MM E RÍGIDO (P3 B) E UM MP DE PELLET TRANSPARENTE, DE FORMATO CIRCULAR, COM 4MM E RÍGIDO (P3 C) (AUTOR, 2024).	52
FIGURA 19: DOIS FRAGMENTOS DE MESOPLÁSTICO AZUL, FORMATO IRREGULAR, RÍGIDOS E DE 7MM E 9MM DE COMPRIMENTO NO P4 (P4 A E B). UM FRAGMENTO BRANCO DE MESOPLÁSTICO RÍGIDO (P5 A), E FORMATO IRREGULAR NO P5, DOIS FRAGMENTOS	

DE MESOPLÁSTICO AZUL DE HASTES PLÁSTICAS FLEXÍVEIS QUE POSSIVELMENTE TINHAM ALGODÃO NAS DUAS EXTREMIDADES (P7 A) (AUTOR, 2024).	53
20FIGURA 20: NO P8 É UM FILM DE MP, CARACTERIZADO POR SER MALEÁVEL, BORDAS ANGULARES, PLANO E SE ASSEMELHA A UMA FOLHA, SUA COR É BRANCA E TEM 4MM DE COMPRIMENTO. NO P9 É UM MESOPLÁSTICO DE FIBRA PRATEADO, FLEXÍVEL, COM COMPRIMENTO MAIOR QUE SUA LARGURA E TEM 20MM DE COMPRIMENTO (AUTOR, 2024).....	54
FIGURA 21: NO P10, TEVE UM FRAGMENTO DE MESOPLÁSTICO MALEÁVEL, TRANSPARENTE, COM FORMATO IRREGULAR, O SUPERIOR TEM 5CM DE COMPRIMENTO E O INFERIOR TEM APROXIMADAMENTE 10CM E NÃO É CONSIDERADO MESOPLÁSTICO. NO P12 UM FRAGMENTO E MESOPLÁSTICO DE FORMATO IRREGULAR, RÍGIDO, DE COR BRANCA E COM 5CM DE COMPRIMENTO (AUTOR, 2024).	55
FIGURA 22: P14 A TEM 2 MESOPLÁSTICOS AZUIS, CONSIDERADOS FRAGMENTOS, POIS NÃO SÃO MALEÁVEIS, TEM FORMATO IRREGULAR. NO P14 B, UM FRAGMENTO DE MP AZUL, RÍGIDO, FORMATO IRREGULAR MAS QUE LEMBRA UM TRIÂNGULO, DE 4MM DE COMPRIMENTO. UMA ESPUMA FLEXÍVEL, ELÁSTICA, GRANULAR E DE 6MM DE COMPRIMENTO, CONSIDERADO MESOPLÁSTICO (P16) E POR ÚLTIMO, UM MP DE TINTA LARANJA, DE 2MM DE COMPRIMENTO E FORMATO IRREGULAR (P17) (AUTOR, 2024).	56
FIGURA 23: NO P18 TEM UM FRAGMENTO AZUL, DURO, IRREGULAR DE 12MM (P18 A) E UMA FIBRA MALEÁVEL, VERDE CLARO E LISA DE 10MM (P18 B), AMBOS CLASSIFICADOS COMO MESOPLÁSTICOS. NO P20 UMA ESPUMA (P20 A) BRANCA DE 4MM, FLEXÍVEL E LISA, E UM PELLET MARROM DE 5MM, RÍGIDO E CIRCULAR (P20 B) (AUTOR, 2024).	57
FIGURA 24: AMOSTRAS DE MESOPLÁSTICO DO P22, (A) UM FRAGMENTO RÍGIDO COM FORMATO IRREGULAR, 8MM DE COMPRIMENTO E COR BRANCA; (B) FRAGMENTO DE 11MM DE COMPRIMENTO, ROSA, NÃO FLEXÍVEL E FORMATO IRREGULAR; (C) FRAGMENTO BRANCO, FORMATO IRREGULAR, DURO E 7MM DE COMPRIMENTO; (D) FRAGMENTO VERDE, DE 6MM, RÍGIDO E FORMATO IRREGULAR; (E) PELLET DE 6MM, FORMATO CIRCULAR, BRANCO, LISO E NÃO MALEÁVEL; (F) PELLET EM FORMATO CIRCULAR JÁ DEFORMADO, LISO, REDONDO, INFLEXÍVEL E 6MM DE COMPRIMENTO.	58
FIGURA 25: MICROPLÁSTICOS DO P22, (A) UMA ESPUMA LISA, FLEXÍVEL, E FORMATO IRREGULAR COM 4MM DE COMPRIMENTO; (B) FRAGMENTO VERDE, DE 4MM, IRREGULAR E NÃO FLEXÍVEL; (C) FRAGMENTO DE 3MM, TRANSLÚCIDO, RÍGIDO E FORMATO IRREGULAR; (D) FRAGMENTO BRANCO, 4MM DE COMPRIMENTO, RÍGIDO E IRREGULAR SEU FORMATO; (E) FRAGMENTO DE 3MM, INDEFINIDO SEU FORMATO, DURO E BRANCO; (F) FRAGMENTO BRANCO, IRREGULAR, RÍGIDO E 4MM; (G) FRAGMENTO TRANSLUCIDO, 2MM DE COMPRIMENTO, DURO E FORMATO IRREGULAR.....	59
FIGURA 26: AMOSTRAS DE MP DO P22, (A) PELLET AMARELADO, 4MM DE COMPRIMENTO, RÍGIDO, LISO E CIRCULAR; (B) PELLET AMARELADO DE 4MM, CIRCULAR, INFLEXÍVEL E LISO; (C) PELLET CIRCULAR, NÃO MALEÁVEL, AMARELADO E 4MM; (D) FIBRA LISA, MALEÁVEL, AZUL CLARO E 4MM DE COMPRIMENTO.	60
FIGURA 27: MESOPLÁSTICO DE BITUCA DE CIGARRO, MALEÁVEL, LISO, COR BRANCA E 2CM DE COMPRIMENTO E FRAGMENTO DE FILM PRATA, FLEXÍVEL E BORDA LISA COM 15MM DE COMPRIMENTO, AMBOS DO P25 (AUTOR, 2024).	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTO	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.2.3 Justificativa.....	14
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
2.1 ESTUÁRIOS.....	15
2.2 MORFODINÂMICA PRAIAL.....	21
2.3 MICROPLÁSTICO.....	23
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
3.1 LOCALIZAÇÃO E CLIMA	26
3.2 ESTUÁRIO E CIRCULAÇÃO ESTUARINA.....	28
3.3 TIPOS DE PRAIAS	31
3.4 IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1 TRABALHOS DE CAMPO.....	34
4.2 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	37
4.2.1 Preparo das amostras	37
4.2.2 Extração e Quantificação do microplástico.....	38
4.2.3. Classificação dos microplásticos e mesoplásticos	39
4.2.4. RStudio e estatística	40
5. RESULTADO	40
5.1 RESULTADO GRANULOMETRIA	40
5.2 MICROPLÁSTICOS E MESOPLÁSTICOS	49
5.2.2. Avaliação Qualiquantitativa	61
6. DISCUSSÃO	63
7. CONCLUSÃO	69

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Até a década de 1950, o plástico era tratado como bem precioso no mesmo nível ou semelhante ao vidro e outros tipos de embalagem, mas com o final desta década, o mundo entrou em uma grande necessidade de consumir mais recursos, iniciando a cultura descartável (MONTENEGRO, 2020). Seguindo esta ideia, Montenegro et al. (2020), afirmam que a produção de Micro Plástico (MP) aumenta de ano em ano. Desta forma, estima-se que em 2025 essa produção deve passar dos 600 milhões de toneladas. Como consequência da elevada demanda por plásticos, junto ao mal descarte e tratamento desses produtos, este aumento no consumo e produção de MP, se tornou um tópico de grande importância e preocupação a nível mundial.

O plástico pode apresentar diversos tamanhos, cores, formas e composições, que podem estar sujeitas às pressões dos ambientes onde são descartados, podendo ter suas características originais modificadas. Dessa forma, em 1970 ocorreu o primeiro registro científico de partículas pequenas desse material sob a superfície dos oceanos (CARPENTER; SMITH, 1972; MONTENEGRO et al., 2020). Presente em todo o ambiente costeiro e marinho, desde as praias, águas superficiais, coluna da água e sedimentos, essas frações de plástico já se deslocaram até os ambientes marinhos mais remotos (IVAR DO SUL et al., 2009).

Os plásticos são materiais de alta resistência e duração, e com grande resistência contra a degradação, sua flutuabilidade ocorre de maneira fácil, ou seja, possuem uma taxa de dispersão alta por causa dessas características (MAGALHÃES & ARAÚJO, 2012). Quando liberado no meio ambiente, o plástico fica exposto aos processos físicos, químicos e biológicos, ocasionando sua fragmentação em diversos tipos de tamanhos menores chamados de microplásticos (ANDRADY, 2011). Os microplásticos (MP) são determinados como partículas de tamanho inferiores a 5 mm de diâmetro, sendo considerados contaminantes emergentes globais por estarem presente em vários ecossistemas, principalmente nos marinhos (GIMILIANI, 2021).

O aumento da urbanização de forma não planejada aumenta a geração de resíduos sólidos (JUCÁ et al., 2014), criando uma intensificação na produção dos mais diversificados materiais, principalmente de plásticos (PEREIRA, 2014; GALGANI, 2017). Consequências do desenvolvimento desenfreado de cidades, áreas industriais, zonas agrícolas, turismo e áreas portuárias em regiões costeiras, como os estuários, leva ao aumento das fontes contaminadoras para esse ambiente marinho (SANTOS, 2009; TREVIZANI, 2019).

Estuários são corpos de água parcialmente fechados, com uma ligação livre com o oceano, e se localizam na parte terminal de uma bacia hidrográfica (PEREIRA; NETO, 2019). “São locais de transição, com alta produtividade e espaço para soltura e desenvolvimento de juvenis de diversas espécies de peixes, fornecendo habitat para uma parte relevante dos animais que compõem a cadeia alimentar marinha (GAIA)”. São áreas de grande importância para os seres humanos, provedoras de alimento, renda, manutenção da economia, produção e expansão urbana (PINTO-COELHO, 2015).

Os MP podem chegar aos estuários, e posteriormente no mar aberto, através das descargas fluviais dos rios, elevando o número de fonte potenciais para origem destes MPs por todas as regiões cobertas pelas bacias hidrográficas dos rios (Moore; Clarke, 2002). Os oceanos são outra fonte de transporte e contaminação para os corpos estuarinos, sua dispersão ocorre através das correntes oceânicas, correntes de retorno e de deriva, afetando zonas costeiras com menor ou sem presença de influência antrópica.

Portanto os Mps são um problema global por causa da elevada produção de plástico e a má gestão e reciclagem dos resíduos sólidos (CORRÊA et al., 2021). Entende-se, que é importante compreender se as concentrações de MP, seus tamanhos e composição são influenciados pelos processos sedimentares, morfodinâmica praial, em uma ilha na desembocadura de um estuário, como a Ilha do Mel (CEP – Complexo Estuarino de Paranaguá).

As Unidades de Conservação (UCs) situadas nas zonas costeiras desempenham um papel fundamental na proteção da biodiversidade marinha, na manutenção dos serviços ecossistêmicos e na preservação das práticas culturais tradicionais. No entanto, a prevalência da poluição plástica representa um perigo considerável para essas áreas protegidas designadas.

As UCs auxiliam na proteção de espécies marinhas e habitats críticos, como manguezais, recifes de corais, e áreas de alimentação de tartarugas (SENKO, J., et al 2020; CRITCHELL, K., et al., 2019). O consumo de materiais plásticos e o aprisionamento em lixo plástico induzem danos físicos e fisiológicos a uma grande variedade de organismos marinhos, abrangendo peixes, aves marinhas e mamíferos marinhos, o que acaba levando à mortalidade, deficiências nutricionais e comprometimento da locomoção (IVAR DO SUL., et al 2016; THUSHARI, G., & SENEVIRATHNA, J., 2020; SENKO, J., et al., 2020).

Essas áreas garantem a continuidade dos serviços ecossistêmicos, como a proteção contra a erosão costeira, a purificação da água e a captura de carbono (THUSHARI, G., & SENEVIRATHNA, J., 2020). A poluição plástica transcende as fronteiras nacionais, necessitando de cooperação global. Plásticos grandes podem migrar por grandes distâncias, impactando UCs em vários países (HARRIS, P., et al 2021; HATZONIKOLAKIS, Y. 2022). As UCs também protegem os modos de vida tradicionais e sustentáveis das comunidades locais, que dependem de um ecossistema saudável para a pesca e o turismo (IVAR DO SUL., et al., 2016; THUSHARI, G., & SENEVIRATHNA, J., 2020).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Determinar as relações espaciais e dinâmicas do microplástico nos ambientes praias associados a desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os microplásticos e mesoplásticos de acordo com suas características físicas, seguindo os critérios definidos por Hidalgo-Cruz e quantificar por tipo e tamanho;
- Analisar os histogramas e curva de frequência para a definição da granulometria do local de coleta;
- Relacionar o mapeamento do MP nas praias da Ilha do Mel com a dinâmica sedimentar em uma área de desembocadura estuarina, estuário e mar aberto;

1.2.3 Justificativa

Os microplásticos podem modificar as características físicas dos sedimentos, diminuindo a densidade e alterando os padrões de transporte e deposição. Eles são incorporados aos depósitos costeiros e estuarinos, criando camadas que influenciam a permeabilidade e a estrutura dos sedimentos. Estudos mostram que os m, ao se acumularem, alteram a dinâmica sedimentar, afetando potencialmente habitats bentônicos e diminuindo sua qualidade ecológica (PNUMA, 2021). Os MP representam uma ameaça direta à fauna local por ingestão, toxicidade e bioacumulação. Espécies marinhas residentes em UCs, como peixes, invertebrados e aves, confundem microplásticos com alimentos, o que pode levar a obstruções gastrointestinais e mortalidade. Além disso, compostos químicos associados a essas partículas (como ftalatos e bisfenol A) prejudicam o metabolismo e a reprodução dos organismos, conforme relatado por Roy et al. (2022).

Os microplásticos impõem múltiplos desafios às UCs marinhas ao comprometerem processos naturais fundamentais. Estudos recentes reforçam a necessidade de monitoramento contínuo e estratégias de mitigação, como a redução na produção de plásticos e o reforço de políticas para o manejo adequado dos resíduos sólidos, a fim de proteger esses ambientes críticos e as funções ecossistêmicas que oferecem.

Por ser uma ilha com um lado estuarino, oceânico e de desembocadura de estuário, e ter aproximadamente 95% do seu território como UCs e praias consideradas naturais, ou seja, não urbanizadas, pode-se observar melhor como a hidrodinâmica atua na distribuição dos microplásticos em relação as diferenças de ambiente e suas condições oceanográficas.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 ESTUÁRIOS

Perillo (1995) define estuários como áreas com funcionalidade para ambiente deposicional permanente, servindo também de exportadores de sedimentos, suprindo praias e oceano aberto através do material sedimentar necessário para gerar estabilidade nos processos físicos. Um estuário indica uma região próxima ao ambiente costeiro em direção ao seu interior, com encontro das águas doces de origem fluvial com a marinha através do transporte pelas ondas e maré. Incluindo a região da plataforma continental próxima, onde tem a presença da pluma estuarina, considerado parte desse sistema estuarino (MIRANDA et al., 2002).

Uma definição não tão completa, é que são corpos de água com ligação restrita ao mar e livre, onde a água doce dilui a do mar (CAMERON; PRITCHARD, 1963). Os autores Pritchard (1955) e Kjerfve (1987, apud Miranda et al., 2002) definem que um dos principais fatores na hora de definir a classificação hidrodinâmica do estuário é a sua distribuição de salinidade, pois a presença e quantidade desses sais na água altera a densidade do fluído, modificando a dinâmica geomorfológica e sedimentar da área.

O comportamento dos fluxos em regiões de desembocadura, como estuários, é definido pela interação entre correntes fluviais, marés, gradientes de densidade (gerados por diferenças de salinidade e temperatura) e fatores externos, como vento e alterações antropogênicas. Esses processos têm um papel crucial na dinâmica de sedimentos, na qualidade da água e na biodiversidade.

A interação entre água doce e salgada cria um sistema altamente dinâmico. A água doce, menos densa, forma uma camada superficial, enquanto a água salgada flui por baixo. Esse processo resulta em estratificação, especialmente em estuários com baixa energia de mistura, como em períodos de vazante baixa do rio. No entanto, marés fortes e ventos podem promover a mistura dessas camadas, diminuindo a estratificação (VALLE-LEVINSON, 2022).

As marés desempenham um papel dominante no transporte de sedimentos e nutrientes. Elas criam ciclos de enchente (fluxo para dentro do estuário) e vazante (fluxo para fora), que determinam a deposição ou erosão dos sedimentos. Além disso, em estuários com alta amplitude de maré, pode haver maior intrusão salina, afetando o ecossistema e a qualidade da água (GUO, 2022).

O transporte de sedimentos depende da combinação de correntes fluviais e marinhas. Durante as marés de enchente, os sedimentos são levados para dentro do estuário, enquanto a vazante tende a exportá-los. Nos estuários de macromarés, como na Ria de Aveiro, o aumento da profundidade do canal principal devido a mudanças morfológicas intensificadas como correntes e alteração do padrão de transporte de sedimentos (PINHO, et al., 2021).

Os gradientes de salinidade e temperatura geram fluxos gravitacionais que afetam a circulação. O fluxo típico é bidirecional: a água doce flui superficialmente para o oceano, enquanto a água salgada se move para dentro ao longo do fundo. Este processo é influenciado pela intensidade do fluxo fluvial e pelas forças das marés (VALLE-LEVINSON, 2022).

Mudanças morfológicas, como a dragagem de canais, podem alterar a hidrodinâmica estuarina. Por exemplo, o aprofundamento de canais principais em estuários contribui para maior intrusão salina e mudanças nos padrões de fluxo e sedimentação, impactando a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (PINHO, et al., 2021).

Os estuários também podem ser classificados de acordo com a sua geomorfologia, seus 4 tipos são: Planície Costeira, formado por Fiorde, Barras e Estuários restantes (PRITCHARD, 1952).

Os estuários de planície costeira surgiram durante a transgressão marítima do Holoceno, que inundou os vales fluviais. São relativamente rasos, raramente alcançando a profundidade de 30 m de profundidade, localizados predominantemente em regiões tropicais e subtropicais (PRITCHARD, 1952).

Os fiordes se formaram no período Pleistoceno, em áreas que eram cobertas por grandes massas de gelo. Esse processo foi resultado da intensa erosão glacial que ocorria nas planícies costeiras ou nas proximidades da plataforma continental. A pressão das calotas de gelo sobre os blocos continentais, juntamente com a erosão provocada pelo derretimento, aprofundou os vales dos rios antigos, criando um fundo rochoso na entrada, chamado de soleira, que limita a circulação das águas estuarinas. Durante a primavera e o verão, o fluxo de água doce dos rios é predominante em relação às marés, enquanto no inverno esse fluxo é bastante reduzido ou até inexistente. Esses ambientes são encontrados em regiões de altas latitudes, possuem um formato transversal aproximadamente retangular e podem alcançar profundidades de até 1.200 metros (PRITCHARD, 1952).

Construídos por Barra, esses estuários são resultantes da inundação de antigos vales de rios durante a transgressão marinha, embora a sedimentação mais recente tenha levado à formação de barras na desembocadura. Geralmente, apresentam profundidades rasas, não superiores a 20-30 m, e podem conter vastos canais e lagunas em seu interior. O rio que alimenta esse estuário tem uma descarga que varia conforme as estações do ano e pode transportar uma alta concentração de sedimentos em suspensão, provocando alterações sazonais na configuração da foz. Esse tipo de estuário é mais comum em regiões tropicais, sendo conhecido na literatura regional brasileira como sistema ou complexo estuarino-lagunar (PRITCHARD, 1952).

Os Estuários Restantes surgem a partir de diversos processos costeiros, incluindo falhas tectônicas, erupções vulcânicas, tremores e deslizamentos de terra. Esta categoria abrange estuários cuja forma foi modificada por processos recentes de sedimentação, como os deltas de cheia e de vazante, que são influenciados, respectivamente, pela maré e pelo fluxo dos rios (PRITCHARD, 1952).

Entretanto, nas desembocaduras de estuários a dinâmica sedimentar é diferente e mais complexa quando comparada a costa protegida dentro do estuário ou costas oceânicas (ÂNGULO, 1999; ARAÚJO, 1996). Junto a morfologia desse local, ocorrem simultaneamente influências das correntes de deriva litorânea, correntes de maré e ondas (ÂNGULO, 1999; ARAÚJO, 1996). Transformando em uma área altamente dinâmica. Esse ambiente pode se tornar estável, quando a influência da maré dominante auxilia na remoção dos sedimentos depositados, tornando o canal principal mais fundo. Gerando instabilidade no ambiente, quando as ondas modificam o canal principal para o sentido a favor ou contrário da deriva litorânea (FRITZGERALD, 1988)

Sua circulação, pode ser classificada como clássica ou estratificada é caracterizada por uma estratificação vertical bem definida, com água doce fluindo na superfície em direção ao oceano e água salgada entrando no fundo em direção ao estuário (PRITCHARD,1952). Ocorre em estuários profundos, onde a energia das marés é insuficiente para causar mistura completa (PRITCHARD,1952). Circulação bem misturada, onde água doce e salgada são completamente misturadas verticalmente, resultando em salinidade uniforme ao longo da coluna d'água (DYER, 1997). É comum em estuários rasos, onde as marés possuem energia suficiente para homogeneizar as massas de água (DYER, 1997).

A Circulação parcialmente misturada, apresenta uma mistura parcial de água doce e salgada, com um gradiente vertical de salinidade menos acentuado do que nos estuários estratificados (OFFICER, CB., 1976). A circulação tem entrada de água salgada no fundo e saída de água doce na superfície, mas com algum grau de mistura entre as camadas (OFFICER, CB., 1976). Outro tipo de circulação é a invertida ou negativa, ocorre em estuários de regiões áridas, onde a evaporação supera a entrada

de água doce, resultando em maior salinidade no interior do estuário (CAMERON, WM., & PRITCHARD, DW., 1963). A água salgada entra na superfície e retorna para o oceano pelo fundo (CAMERON, WM., & PRITCHARD, DW., 1963). Por último, a circulação dominada por marés, é intensamente oscilatória, dominada por movimentos periódicos de entrada e saída de água salgada, sem um padrão bidirecional claro (GEYER, WR., & MACCREADY, P., 2014). É típico de estuários com amplas aberturas para o mar e alta amplitude de maré (GEYER, WR., & MACCREADY, P., 2014).

Utilizando a interação dos fluxos (ROSSETI, 2008), os estuários também podem ser classificados em: A- Por ondas ou barreira: São compostos por Costas sob alta influência das ondas, suas áreas de desembocadura, ou seja, seu ponto de ligação com oceano, acaba recebendo um volume significativo de sedimentos, que vão se acumulando e formam um complexo de ilha-barreira, auxiliando na redução do impacto das ondas e da maré na parte interna do estuário, favorecendo a sedimentação de finos provenientes da suspensão. Também podem originar deltas de maré cheia com direção estuário adentro, e delta de maré vazante o inverso, ou seja, com fluxo de direção oceano a fora (HAYES, 1975, apud ANGULO, 1999). Esses deltas sofrem influência dos ciclos de micromaré, ou seja, marés menores que 2 m e mesomaré entre 2 e 4 m (HAYES, 1975, apud ANGULO, 1999).

Segundo Hayes (1975) e Angulo (1999), nas desembocaduras com predominância da maré, sua variação ocorre entre 2 e 4 m. Ocorrendo um maior desenvolvimento no delta de maré vazante, e quase inexistente ou menos desenvolvido quando for maré enchente. Nas desembocaduras dominadas por ondas ou regimes de micromares, ocorre a erosão dos sedimentos, distribuindo pelo interior dos estuários, e desenvolvendo os deltas de maré enchente com esse aporte.

Já as areias das praias próximas que são transportadas pelas correntes litorâneas aos estuários formam esporões, e durante eventos de alta energia, as areias podem ser transportadas para a bacia estuarina e formam lobos de transbordamentos. E na cabeceira do estuário, onde tem o domínio de onda gera deltas de cabeceira; B- Estuários dominados por maré: Também apresenta barras de

areia alongadas que vão na direção da desembocadura do rio em direção ao mar (ROSSETI, 2008).

Outros fatores também influenciam na dinâmica estuarina, como por exemplo o clima, tipo de costa, intervalo de marés, neotectonismo, litologia costeira, estabilidade costeira, carga sedimentar, descarga fluvial, forçantes oceanográficas, influência da atmosfera, gerando características de padrões de circulação particulares de cada estuário (PERILLO, 1995).

A definição de estuários abrange elementos físicos, biológicos e climáticos, mostrando sua complexidade como sistemas costeiros. Segundo Pritchard (1967), estuários são corpos de água costeiros semi-enclausurados conectados ao oceano, caracterizados pela mistura de água doce e salgada. Odum (2001) acrescenta que as marés influenciam essa mistura. Além disso, Dionne e Bird (2000) falam sobre três partes dos estuários: marinha, média e fluvial, destacando sua diversidade.

Mais recentemente, Miranda et al., (2003), adaptando o modelo de Dyer, definiram estuários como sistemas costeiros semi-enclausurados, estendendo-se o rio acima até o limite da influência das marés. Eles destacam a importância de considerar as mudanças na salinidade para entender as funções ecológicas desses ambientes e hidrodinâmicas desses sistemas.

O fluxo estuarino é extremamente influenciado pela interação entre descargas fluviais e ondas de maré. Yuri Costa (2024) explica que a dinâmica natural dos estuários depende do equilíbrio entre a penetração de água salgada e a descarga de água doce, um processo diretamente afetado por mudanças climáticas, como elevações no nível do mar e eventos extremos.

Por fim, os estuários surgem como corpos hídricos com diferentes habilidades para gerir a recepção de poluentes. Esses locais, enquanto massas d'água, possuem certa capacidade de dispersão e assimilação de contaminantes, a qual varia de acordo com diversos fatores, incluindo a configuração e tamanho da bacia, a largura da entrada, a profundidade, a variação de marés, os tipos de correntes, a geografia

circundante e a região climática em que se encontram (ODUM, 2001; OHREL E REGISTER, 2006).

2.2 MORFODINÂMICA PRAIAL

O ambiente praial está constantemente sob influência das variáveis espaço-tempo, ou seja, as características granulometrias somadas as variações de energia das ondas, fluxos permanentes e aperiódicos, regime de marés, dita a morfodinâmica do sistema praial e qual será seu comportamento (WRIGHT & SHORT, 1984). Com isso, o perfil transversal da praia se modifica com ganho ou perda de sedimentos, se adaptando a partir das condições oceanográficas do local (KOMAR 1976).

Wright e Short (1984), definem dois perfis extremos para morfodinâmica praial, classificados como refletivos e dissipativo, e quatro estágios intermediários. Os processos hidrodinâmicos e suas contribuições relativas aos diferentes mecanismos para o transporte de sedimentos e a mudança morfológica distinguem como função do estado da praia, ou seja, depende da zona de arrebentação junto com o perfil modal da praia. Com isso, o estado da praia e as correntes de fundo demonstram variação na dominância relativa dos movimentos, por causa das ondas incidentes, correntes médias de retorno e deriva litorânea, oscilações infragravidade, ondas incidentes e oscilações sub harmônicas (WRIGHT & SHORT, 1984).

O ambiente praial é dinâmico e com forte interação entre as forçantes oceânicas e continentais, podendo ser formados de modo geral por sedimentos arenosos, quando combinado com a alta mobilidade e ao ambiente com energia elevada, por exemplo as ondas e marés permitindo aos sedimentos um grau de retrabalhamento maior de maneira constante (MUEHE, 1995). Outra definição sobre praias arenosas, é depósitos de areia entre os limites do espraiamento e base das ondas modais, sob influência da topografia, maré, clima, ventos e características físicas da onda (SHORT, 1996). Já uma definição mais recente (ALBUQUERQUE et. al., 2009) além dos sedimentos e ondas, sofre influência de variação espaço-temporal e parâmetros adicionais.

Entretanto, Komar (1998), cita que é complexa a delimitação das diversas variabilidades de interações oceanográficas que definem a declividade da face praial, como a granulometria, quantidade de energia de ondas na arrebentação, período, interações com nível freático, marés e episódios de grande energia. Já as características granulométricas atuam na permeabilidade e no potencial de infiltração do fluxo hidrodinâmico nas praias emersas, sujeita ao espraiamento (MASSELINK & LI, 2001). Conseqüentemente, com aumento da granulometria, a permeabilidade do depósito praial amplia (MASSELINK & LI, 2001).

Praias de perfil dissipativo tem declividade suave com ondas de alta energia, podendo ser também de tempestades, que se quebram ao longo de distâncias maiores, proporcionando a dissipação das energias das ondas de maneira mais eficiente e areias de granulometria mais fina por causa do retrabalhamento contínuo (CALLIARIA et. al., 2003). Também possui zona de surfe larga, elevado estoque de areia na porção subaquosa da praia, saturação da zona de surf, ampla zona para redução do espraiamento da onda na face praia, presença de bancos longitudinais e paralelos a praia como produtos da reserva de areia na área submersa no perfil praial (CALLIARIA et. al., 2003).

As de perfil refletivo, possuem declividade acentuada, fundo marinho adjacente, tornando a largura da zona de surfe menor com aumento da profundidade da antepraia. Geralmente são praias, em áreas protegidas entre morros ou outra elevação, com areias grossas ou depois de períodos contínuos de aumento no aporte sedimentar (WRIGHT & SHORT, 1984). Ao contrário da praia de perfil dissipativo, o local de acúmulo ou reserva de sedimentos, se encontra na área subaérea da praia, tendo pouca deposição na porção submarina. Como consequência, mesmo eventos de baixa energia geram erosão subaérea. Tendo formação de cúspides praias na zona de estirâncio (WRIGHT & SHORT, 1984).

Segundo Short (1980), as praias com estágio intermediário têm características de ambos os extremos, e sua ocorrência está ligada a presença de partículas com granulometria média com energia média a alta de ondas. Possuindo elevada variabilidade longitudinal, induzida pela alternância entre barras e canais transversais na zona de arrebentação (SHORT, 1999). Possui bancos arenosos longitudinais que

migram em direção à praia, somados a atuação de correntes litorâneas transversais e longitudinais, como produto da oscilação no regime hidrodinâmico (SHORT,1980).

2.3 MICROPLÁSTICO

A partir da década de 1940, a produção do plástico começou a acontecer em grande escala. No ano de 2009 a produção global alcançou 230 milhões de toneladas (PLASTICS EUROPE, 2010). Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE (2022), atualmente a produção mundial de plásticos ultrapassa 460 milhões de toneladas. Por causa da sua alta demanda de produção, acabam sendo descartados em locais impróprios, calcula-se que 94% de todo o plástico produzido de maneira global é descartado em aterros sanitários ou na natureza, ou seja, apenas 6% de todo esse plástico é reciclado corretamente (ALIMI et al., 2018).

No ano de 2018 o Brasil produziu em média 79 milhões de toneladas de lixo. Sendo o 4 maior produtor de polímeros de plástico do mundo o colocando entre os países mais poluidores do oceano, sendo o 16° (MONTENEGRO, 2020). Jambeck et al., (2015), considera que países com renda média, onde provavelmente se tem rápido crescimento econômico, falta infraestrutura e gestão de resíduos. Com isso, é a deposição de resíduos sólidos próximos ou dentro dos cursos d'água, podendo ter maior acúmulo em períodos de intensas precipitações (WOLFF et al., 2016). Esse escoamento de resíduos plásticos tem como principal fonte os sistemas hídricos, sendo um dos meios de maior impacto negativo para a poluição de ambientes marinhos no país, mas não a única (GUIMARÃES, 2016). Por ter uma alta durabilidade e resistente à degradação, esse fator torna preocupante o seu descarte incorreto (ANDRADY,2011; BARNES et al., 2009).

Vários estudos realizados na costa brasileira apontam a presença de microplástico e buscam compreender sua distribuição e fatores que influenciam MONTAGNER et. al. (2021), que avaliaram a presença e composição de microplástico em cada costa brasileira, na primeira análise as mais poluídas foram São Paulo, Sergipe, Bahia e Paraná.

Além dos fatores hidrodinâmicos, turismo, descarte de lixo e oceanográficos que influenciam nesse acúmulo de resíduos plásticos, outro fator principal para esse acúmulo e transporte de plásticos em ambientes marinhos e de UCs, é a morfologia costeira junto aos costões rochosos na costa do ambiente praiial ou outros ambientes costeiros adjacentes (ZHANG, 2017). Estudos de Claessens et al., (2011) e Vianello et. al., (2013) Apontam que o MP se acumula em áreas como praias de enseadas ou grutas. Outros estudos, demonstraram maior concentração de microplásticos na linha de deixa da maré mais alta em praias expostas (LIEBEZEIT & DUBAISH, 2012; MATHALON & HILL, 2014).

BROWNE et. al., (2010) citam que o vento é fator importante para o acúmulo ou transporte de microplásticos no ambiente praiial. Ou seja, terá um acúmulo maior de microplásticos nos sedimentos entre as linhas de marés nas costas a favor do vento. Critchell (CRITCHELL et al., 2015) complementam que esse acúmulo de MP vai ser afetado de acordo com o sentido predominante dos ventos em relação a orientação da praia. A dinâmica de transporte e deposição dos MPs em praias estuarinas e oceânicas difere pela dispersão das ondas ser menor e as correntes de maré terem um papel mais significativo nos estuários (WEBER, 2022).

Os plásticos são divididos em quatro categorias de tamanho: masoplásticos (> 2,5 cm), mesoplásticos (de 5 mm a 2.5 cm), microplásticos (5mm a 1µm) e nanoplásticos (< 1 µm) (CAUWEMBERGHE et al., 2015; FRIAS; NASH, 2019). Em relação a sua fonte de origem e forma, os MP podem ser classificados como: A) Primário: Provenientes da indústria, exemplo, microesferas como pasta dental, sabonete esfoliante, partículas liberadas pela abrasão de pneus, partículas provenientes da abrasão e poeira urbana, partículas provenientes de pinturas e revestimentos, fibras provenientes das lavagens industriais têxteis (BOUCHER; FRIOT, 2017); B) Secundários: Doméstico, principalmente derivados da fragmentação de outros plásticos maiores, por causa dos processos de intemperismo (ANDRADY, 2017). Os MP secundários chegam aos oceanos de forma diferentes e variadas, podendo ser acidentalmente ou por escoamento através da drenagem e perda durante os processos de produção, transporte (oceânico e terrestre), beneficiamento,

disposição inadequada e consumo (THOMPSON et al., 2005; OGATA et al., 2009; UNEP, 2016).

Em relação a sua forma é: 1) grânulos, pellets e em pó (primários); e 2) partículas originárias da fragmentação de resíduos plásticos maiores, como por exemplo, fragmentos e fibras (secundários), ambos são resultados dos processos físicos, químicos e biológicos quando estão expostos ao meio ambiente e sofrem intemperismo (MOORE, 2008; UNEP, 2016).

A classificação das formas dos microplásticos e mesoplásticos podem ser divididas em fragmentos, rígidos e com formatos irregulares, rígidos e aparentam ter sido quebrados de uma peça maior de plástico. As espumas, são partículas de isopor, próximas a esféricas ou granulares, que se deformam facilmente sob pressão, e podem ser parcialmente elásticas dependendo do estado de deterioração. Os films, semelhantes ao papel e insulfilm, possuem formato plano, são maleáveis e possuem bordas angulosas ou lisas. E as fibras, parecidas com linhas, fibras e filamento, material fibroso com comprimento maior que a largura. Os pellets, partículas de resina parecidas com esferas, lembram "lágrimas de sereia", pérolas ou vidro, duras com formato esférico, lisas ou granulares (HIDALGO-RUZ et al., 2012).

Os pellets possuem propriedade de sorção e flutuabilidade, ou seja, são importantes carregadores de contaminantes durante longas distâncias no oceano, podendo acumular até 10 vezes mais contaminantes da quantidade disponível no ambiente (MATO et al., 2001). Alguns dos contaminantes químicos encontrados nos pellets são poluentes orgânicos persistentes, bifenispoliclorados e diclorodifeniltricloetano (ANTUNES et al., 2013; ASHTON et al., 2010; BAKIR et al., 2014; BRENNECHE et al., 2016; ENDO et al., 2005; FISNER et al., 2013; FRIAS et al., 2010).

Com o processo de degradação através da degradação térmica, sofre forte influência das condições ambientais de umidade, temperatura e luz UV, tendo maior efeito de degradação rápida sobre os plásticos filmes (KOROTCENKOV, 2020). Após sua superfície ser modificada pelos processos de intempéries, os MP ficam mais

suscetíveis aos mecanismos de absorção de contaminantes químicos a partir das águas superficiais da coluna d'água (ANDRADY, 2017). Logo, aumenta a reatividade e polaridade, conseqüentemente, aumenta sua superfície e a porosidade e hidrofiliçidade (ARTHAM et al., 2009; ASHTON et al., 2010; ENDO et al., 2005; HOLMES et al., 2012; MATO et al., 2001; TURNER; HOLMES, 2015).

Como consequência, essas alterações podem elevar a afinidade dos MP a formação de biofilme, fixação de matéria orgânica, precipitação de grupos químicos (ANDRADY, 2017; ARTHAM et al., 2009; ASHTON et al., 2010; ENDO et al., 2005; HOLMES et al., 2012; MATO et al., 2001; OGATA et al., 2009; TANIGUCHI et al., 2016). Resultando na perda da sua capacidade de transporte, perda da flutuabilidade (MORET-FERGUSON et al., 2010; CHUBARENKO et al., 2016).

Os sedimentos são geralmente considerados como sumidouro para os microplásticos, sendo que os de densidade superior à água têm maior probabilidade de afundar e ser incorporado ao sedimento, enquanto os mais leves do que a água também pode ser depositada após a bioincrustação, ingestão por animais aquáticos ingestão nas fezes e agregação com materiais biogênicos (JI et al., 2021).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E CLIMA

A Ilha do Mel está localizada no litoral do Paraná, na desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá – CEP (Figura 1). Situado entre as coordenadas 25°29' S e 48°21'W.



Figura 1: Mapa da localização da Ilha do Mel – PR; Fonte: Universidade Federal do Paraná (UFPR) (2010).

seguinto a classificação climática de Koeppen, a Ilha do Mel possui um clima do tipo *Af* (t), ou seja, tropical de transição, super úmido, sem estação seca e isento de geadas (IAPAR, 1978; MAACK, 1981). Os ventos dominantes na região são provenientes dos quadrantes leste e sudeste, com uma velocidade média registrada de $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e máxima de $25,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, conforme descrito por Lana et al. (2000).

A média dos ventos no mês de setembro de 2024 na Ilha do Mel foi de 5km/h a 10km/h por 19 dias e de 10km/h a 20km/h por 10 dias, soprando principalmente do sentido E e ENE (METEOBLUE, 2024). No mês de outubro a média dos ventos foram de 5km/h a 10km/h por 19 dias e de 11km/h a 20km/h por 10 dias.

3.2 ESTUÁRIO E CIRCULAÇÃO ESTUARINA

O CEP é considerado um estuário do tipo B, parcialmente misturado, com heterogeneidade lateral (KNOPPERS; BRANDINI; THAMM, 1987). Por estar localizado entre duas desembocaduras e ter uma composição sedimentar em suas praias predominantes de areias finas e areias muito finas, a Ilha do Mel se torna mais suscetível aos processos erosivos e deposicionais das ondas e marés (PARANHOS, 1996). No que diz respeito à mistura vertical, a coluna d'água é basicamente homogênea, exceto em certos momentos durante as trocas de marés, onde camadas com diferentes densidades se destacam claramente, especialmente no começo da maré enchente (MARONE et al., 2007).

À dinâmica de maré no CEP é majoritariamente influenciado por marés semidiurnas, com variações diurnas, e demonstra significativa assimetria nas elevações e nas correntes de maré. (MARONE; JAMIYANAA, 1997). No canal da Galheta, as correntes de maré enchente atingem velocidades máximas de $75,2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (direção 320°) na superfície e $60,8 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ no fundo, enquanto nos períodos de maré

vazante as velocidades são de 95,6 cm.s⁻¹ (direção 140°) na superfície e 81,3 cm.s⁻¹ no fundo (FUNPAR, 1997).

A desembocadura sul, fica entre o balneário Pontal do Sul (Pontal do Paraná) e a Ilha do Mel (Paranaguá) tornou-se o principal canal de acesso aos Portos do Paraná, a partir do ano de 1972 passa por dragagens periódicas focadas na manutenção de profundidade e segurança do canal (LAMOUR, 2007). Cruz e Noernberg (2020) observaram que a circulação residual no canal da Galheta é direcionada para o interior do estuário e que, nas proximidades das margens de Pontal do Sul, essa circulação residual se apresenta com direção para a plataforma continental. Já na desembocadura norte, localizada entre a Ilha das peças e a Ilha do Mel, tem sua dinâmica dominada por ondas (LAMOUR, 2007). Além disso, notaram ainda a existência de três vórtices principais, situados em Pontal do Sul, no saco do Limoeiro e ao redor da Ponta do Poço.

O lado sudeste da Ilha do Mel é formado por vários morros do complexo cristalino de origem Pré-cambriana, associados por planícies arenosas do período holoceno e sua área noroeste, composta por uma vasta planície e apenas o Morro da Baleia (ANGULO, 1992). Formado por dois pontais rochosos, que auxiliam no reforço da definição das duas desembocaduras norte e sul do estuário, protegendo as praias internas contra a ação das ondas oceânicas (ÂNGULO, 1999). Entretanto, torna-a suscetível a diversos fatores que modulam o regime de maré, como a ação de ventos, as correntes oceânicas e as diferentes fases lunares (PARANHOS 1996).

A dinâmica das marés na Ilha do Mel, particularmente na Praia de Fora é amplamente controlada pela influência do Canal da Galheta. Esse canal atua como uma conexão entre o oceano e a Baía de Paranaguá, impactando diretamente o comportamento das correntes de marés na região. No extremo oeste da ilha, a maré é predominantemente afetada pelo Canal do Superagui. Esse canal desempenham um papel essencial ao conectar a Baía de Paranaguá com as áreas costeiras e oceânicas adjacentes, influenciando de forma significativa a circulação das marés e correntes. Tal influência é especialmente relevante em regiões como a Praia das

Encantadas, onde a interação entre essas forças hidrodinâmicas molda a dinâmica costeira local (NOERNBERG, 2004).

Estudos sobre a dinâmica costeira e os padrões de ondas na região confirmam que as praias voltadas para o leste, como a Praia de Fora e a Praia Grande, enfrentam diretamente o Oceano Atlântico e, conseqüentemente, possuem maior energia de ondas (SILVA et al., 2012; MENDONÇA et al., 2015). Nas praias de “bolso” das encantadas, ou também conhecido como praia de enseada, tem a presença de correntes de retorno, supostamente associadas as células de convecção, próximo aos morros à deriva litorânea (figura 32) tende a transporta sedimentos que fluem do sentido sul para norte preferencialmente (PARANHOS, 1996). Paranhos (1996) identificou que o esporão localizado na base do Farol das Conchas, tem a deriva litorânea no sentido do Farol em direção à Fortaleza de Nossa Senhora dos Prazeres.

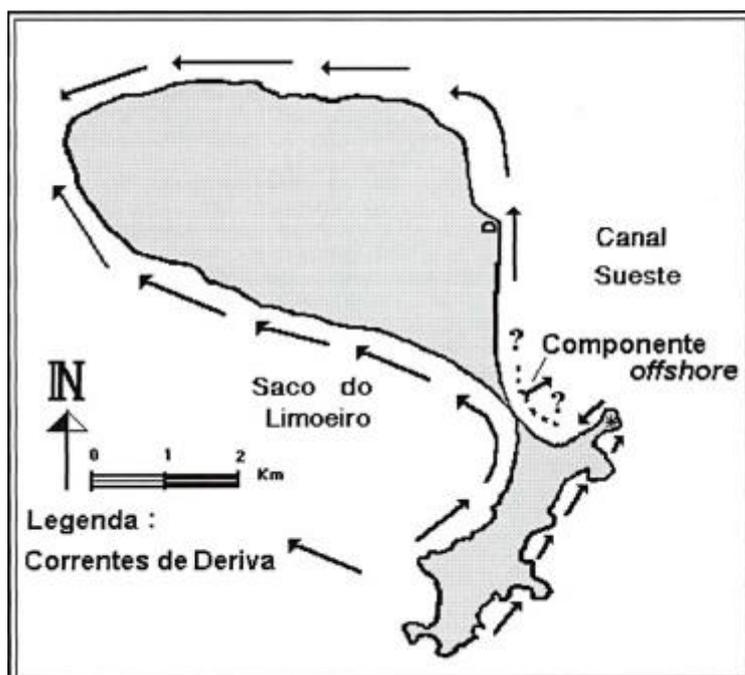


Figura 2: Mapa do Sentidos das correntes de deriva inferidas ao redor da ilha do Mel; Fonte: (PARANHOS, 1996).

3.3 TIPOS DE PRAIAS

A ilha conta com praias de costas estuarinas (figura 3), oceânicas (figura 3) e intermediária (figura 3) que moldam a dinâmica e o transporte de seus sedimentos conforme as influências naturais e humanas presentes em cada área (BIGARELLA, 1965). Os diversos comportamentos dinâmicos das praias da Ilha estão diretamente ligados à sua exposição. Na região oeste, as praias estão expostas à influência das correntes de maré, pois são praias estuarinas direcionadas para o interior da baía. A parte leste da ilha, voltada para o mar aberto, sofre a influência direta das ondas do oceano (MENDONÇA et al., 2015)

Praia de Fora e Praia Grande voltadas para o oceano aberto, essas praias apresentam características refletivas, com ondas de alta energia, sedimentos mais grossos e uma zona de surfe estreita. A orientação para o Oceano Atlântico expõe essas praias diretamente às ondas, gerando uma alta orientação e um perfil reflexivo típico (Muehe, 2018; Sousa et al., 2013).

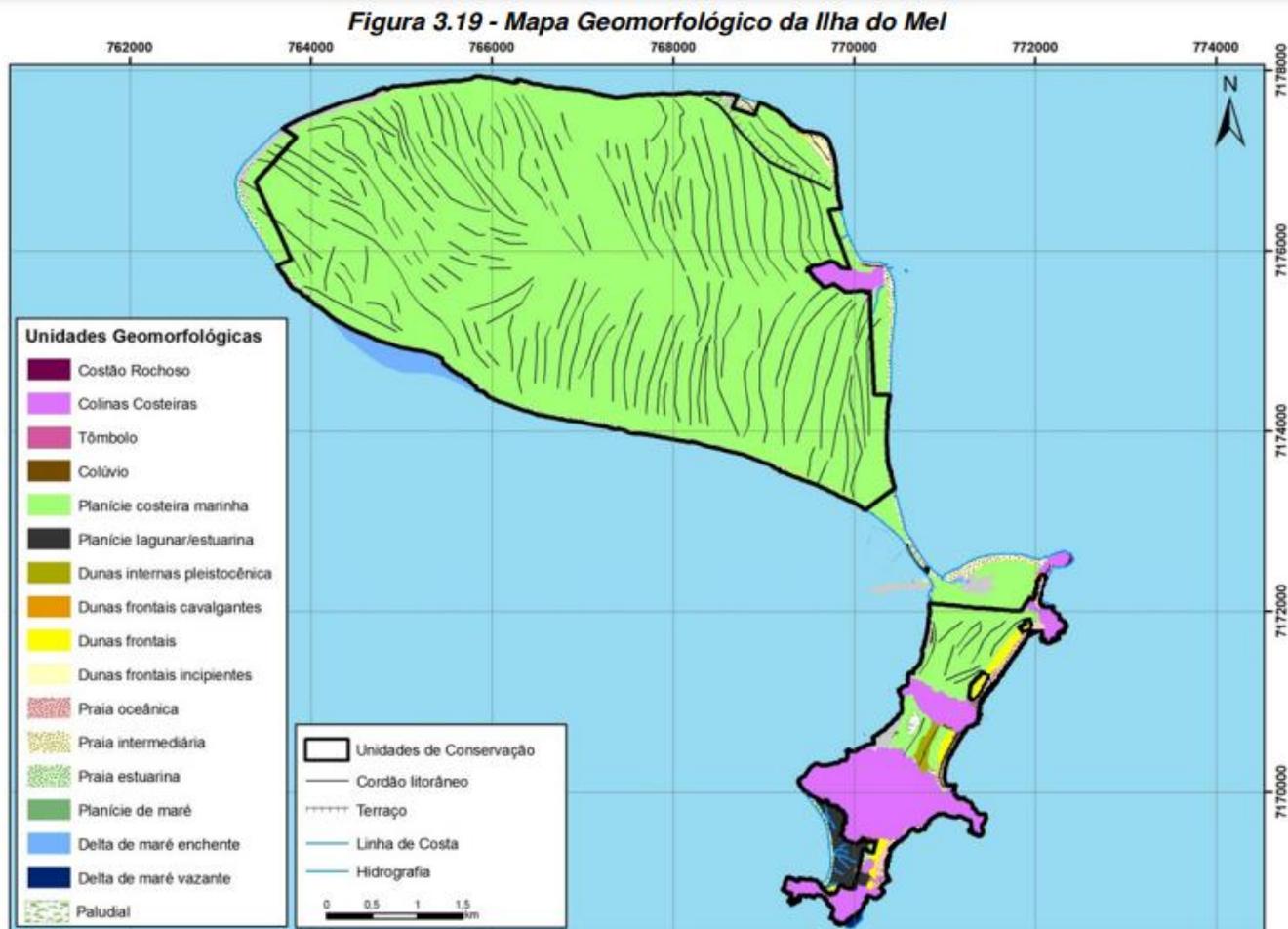


Figura 3: Unidades Geomorfológicas da Ilha do Mel - PR; Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda.,(2011); LACTEC (2004).

Praia de Encantadas, localizada ao sul da ilha, na área mais protegida da Baía de Paranaguá, a Praia de Encantadas é encontrada como dissipativa e estuarina devido à sua baixa tensão e presença de sedimentos mais finos. A configuração geográfica e a orientação oriental protegem essa praia das ondas de alta energia (SILVA et al., 2012). Praia de Brasília voltada para a Baía de Paranaguá, a Praia de Brasília apresenta características dissipativas, com uma zona de surfe larga e grãos de areia mais finos. A proteção da baía reduz a ação de ondas de alta energia, resultando em uma praia mais plana (MENDONÇA et al., 2015)

A Praia do Istmo é um exemplo de praia intermediária, sua localização exposta e as variações de energia das ondas ao longo do ano geram uma mistura de

sedimentos e barras submarinas (Gomes & Ferreira, 2008). Distribuindo constantemente os resíduos plásticos que se acumulam por pouco tempo nesse local.

3.4 IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA

A área da Ilha do Mel possui aproximadamente 35 km² com uma área em torno de 2.7600ha (FIGUEIREDO, 1954). Sendo aproximadamente 92% do seu território em unidades de conservação - UCs (HARDER, 2014). Composta por duas Unidades de Conservação de proteção integral, a Estação Ecológica da Ilha do Mel e o Parque Estadual da Ilha do Mel (HARDER, 2014; GONZAGA; DENKEWICZ; PRADO, 2014).

A Ilha do Mel foi tombada pelo Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN em 1975, sua extensão abrange praias, costões rochosos, manguezais, restingas, brejos litorâneos, caxetais remanescentes da Floresta Ombrófila Densa Submontana, sítios arqueológicos e fauna diversa (IAP, 1996). E por essa diversidade de ambientes, a ilha se tornou um dos pontos turísticos mais importantes do Litoral Paranaense (DENKEWICZ. et al., 2020).

Formada por cinco vilas, sendo elas Encantadas, Nova Brasília, Farol, Ponta Oeste e Fortaleza, sua população é de aproximadamente 1094 habitantes (IBGE, 2010) e a população passou para aproximadamente 1750 habitantes em 2018 (PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ILHA DO MEL, 2018). Segundo Denkwicz (DENKEWICZ et al., 2021), as principais fontes de renda dos moradores são compostas pela pesca tradicional e turismo, entorno de 90% dos moradores utilizam uma ou as duas formas de renda. Recebendo aproximadamente 100 mil turistas por ano, sendo 20% estrangeiros (PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ILHA DO MEL, 2018).

As frequentes atividades turísticas na ilha, ligadas à proximidade de áreas urbanas e industriais, favorecem o acúmulo de plásticos e biomídias (MENGATTO & NAGAI, 2022; MASSIGNANI et al., 2024). Associada a vários processos naturais e antrópicos que atuam como vetores de transporte, influenciados por características específicas de granulometria dos sedimentos, regime de ventos e hidrodinâmica

praial. Estes vetores não são apenas reservados para o acúmulo de microplásticos nas praias, como também determinam a distribuição espacial e temporal dos diferentes tamanhos de partículas plásticas. Estudos indicam que a combinação de granulometria, a ação do vento e a dinâmica das correntes costeiras desempenham papel fundamental na retenção e entrega desses poluentes em áreas costeiras (ANDRADY, 2011; CÓZAR et al., 2014).

Dois autores que trabalharam de maneira regional com o Litoral Paranaense, Mengatto & Nagai (2022), que detectaram microplástico presente em 16 das 19 praias do litoral, tendo 3 pontos na Ilha do Mel – PR, sendo eles na Ponta Oeste, tendo mp de fragmentos e espuma, na Praia do Limoeiro com fragmentos, pellets e espuma de microplásticos e Encantadas com mp de fragmentos, pellets e film. E Massignani et al. (2024) que detectaram biomídias em 11 das 14 praias analisadas, incluindo na Ilha do Mel – PR nas praias de Encantadas, Brasília, Mar de Fora e Farol, com maior quantidade nas Praia do Farol e Mar de Fora.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 TRABALHOS DE CAMPO

Foram definidos 25 pontos amostrais na Ilha do Mel – PR, sendo eles a Praia da Fortaleza, Rádio Farol, Ponta do Hospital, Ponta do Hospital/Ponta Oeste, Ponta Oeste, Ponta do Cedro, Praia do Cedro, Praia do Limoeiro, Praia do Limoeiro/Praia de Brasília, Praia de Brasília, Ponta do Istmo/Praia da Fortaleza, Praia do Istmo, Praia do Farol, Praia de Fora, Praia Grande, Praia do Miguel, Praia do Miguel, Praia da Boia, Praia da Gruta e Praia das Encantadas.

Mapa de Toponímia - Ilha do Mel, Paranaguá, PR - Brasil

- 01 - Praia da Fortaleza I
- 02 - Praia da Fortaleza II
- 03 - Fortaleza
- 04 - Praia da Fortaleza III
- 05 - Rádio Farol
- 06 - Ponta do Hospital
- 07 - Oeste do Rádio Farol I
- 08 - Oeste do Rádio Farol II
- 09 - Ponta Oeste
- 10 - Ponta do Cedro
- 11 - Praia do Cedro
- 12 - Praia do Limoeiro I
- 13 - Saco do Limoeiro
- 14 - Praia de Brasília I
- 15 - Ponta do Istmo
- 16 - Praia do Istmo
- 17 - Praia de Brasília II
- 18 - Praia do Farol
- 19 - Praia de Fora
- 20 - Praia Grande
- 21 - Praia do Belo
- 22 - Praia do Miguel
- 23 - Praia da Boia
- 24 - Praia da Gruta
- 25 - Praia das Encantadas

Escala 1:55.000
Base: Google Earth; Google Satellite
Nov/2024

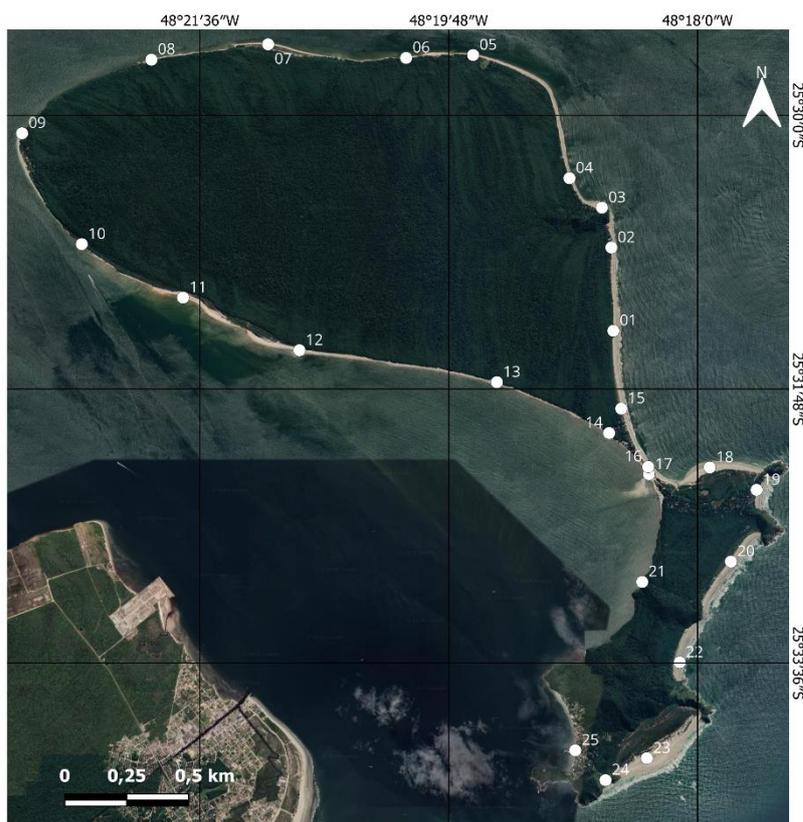


Figura 4: Pontos amostrais Ilha do Mel – PR, os números representam os pontos amostrais e sua sequência amostral fonte: Autora (2024).

As coletas ocorreram em 2 dias, no dia 09/09/2024 nos P01 a P21, com maré variando de -0.76m na vazante a 0.82m da enchente e no dia 21/10/2024, nos P21 a P25, com maré de 0.1m a 0.2m, ambos os dias o vento estava brando e o mar sem ondas. As amostras foram obtidas entre a linha d'água e o limite estabelecido pela vegetação, onde a deposição de microplásticos na praia é altamente influenciado pelas marés, ou seja, é recomendado fazer amostragem sobre a linha da maré alta, pois os resíduos acabam se acumulando mais nesse local em decorrência do efeito das ondas (ALVAREZ-ZEFERINO, 2017; FRIAS, et al, 2018.)

Em cada ponto amostral foi definida a linha da maré alta (identificada como a maior maré alta) com amostragem única. Utilizando um GPS Garmin Etrex 30 para a localização dos pontos pré definidos, com uma distância aproximada de 1km a 1,5km entre cada ponto buscando uma amostragem completa da Ilha do Mel. A coleta dessas amostras utilizou um cilindro de aço, com aproximadamente 19cm de diâmetro e 5

centímetros de altura (figura 5, a), permitindo coletar apenas os sedimentos superficiais (figura 5, b), a retirada do amostrador utilizou uma chapa de aço, para retirar o sedimento ao redor do local (figura 5, c) facilitando a retirada da amostra quando inserido a chapa de aço na parte inferior do amostrador (figura 5, d), foram armazenadas em recipientes de alumínio e identificadas.

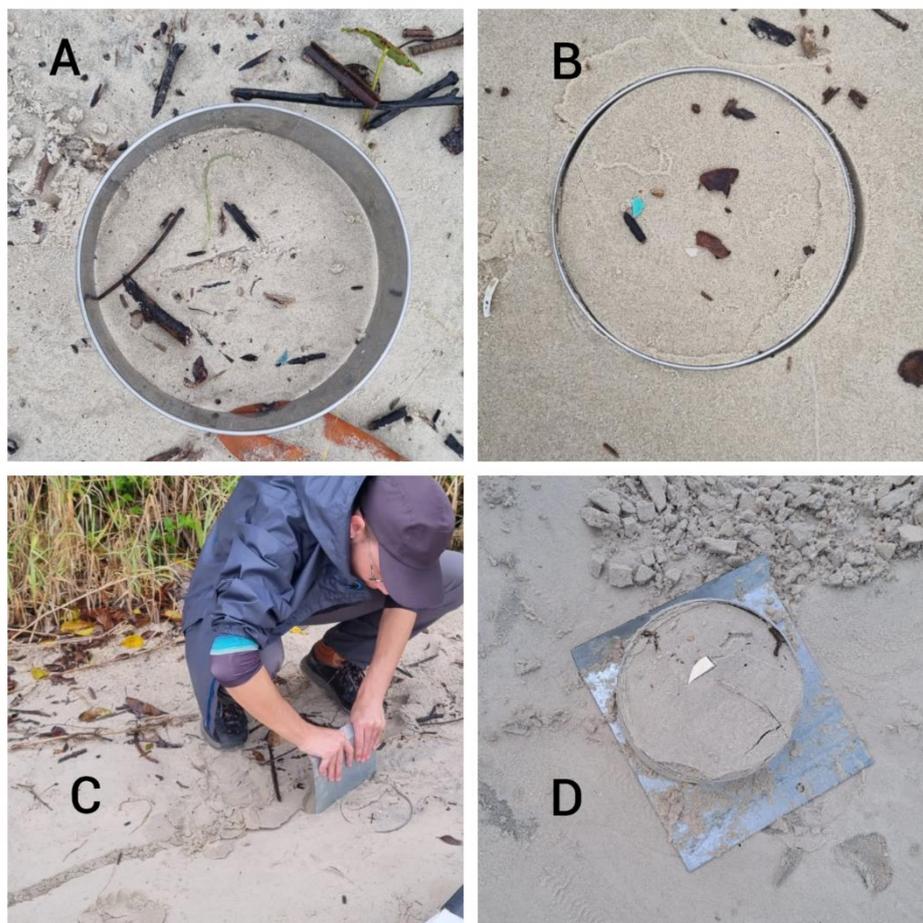


Figura 5: Primeiro é identificado o local de coleta, utilizando um cilindro de aço de 15X5cm para delimitação da amostragem (A), em seguida é inserido o cilindro no sedimento, deixando parelho com a superfície (B), utilizando uma chapa de aço para retirar o excesso do sedimento ao redor do local de coleta (C) facilitando a retirada dos 5cm superficiais com a inserção da mesma chapa na parte inferior do amostrador (D) e posteriormente armazenada a amostra e identificada.

A opção por esse modelo de amostragem superficial visa analisar a deposição recente dos MPs nas praias, com o objetivo de considerar os fatores potenciais que podem afetar sua distribuição, dada a influência dos ventos, das marés e das ressacas igualmente auxilia no deslocamento de detritos. ao longo da praia e no acúmulo a

longo prazo no pós-praia (SILVA, PPG E, 2016; GREGOY, 2009; TURRA et al., 2014; ANDRADE NETO, 2014).

4.2 ANÁLISES LABORATORIAIS

4.2.1 Preparo das amostras

Primeiro foi realizada a separação das amostras para lavagem em filtro de papel 44 µm com água destilada, com o objetivo da retirada do sal, aproximadamente 120g gramas de amostras úmidas, secando na estufa por 24h a 60°C. Após essa etapa, foram utilizados beckers previamente tarados em balança analítica para separação de 100g das amostras. O peneiramento foi efetuado de forma manual, utilizando um jogo de peneiras de mesh 8 a 250, que foram agitadas durante 5 minutos em um equipamento rotup (figura 6).



Figura 6: Jogo de peneiras de mesh diferentes no equipamento de rotação para granulometria (Autor, 2024)

As parcelas de cada peneira foram pesadas em balança analítica, para posteriormente a obtenção dos parâmetros estatísticos granulométricos no RStudio.

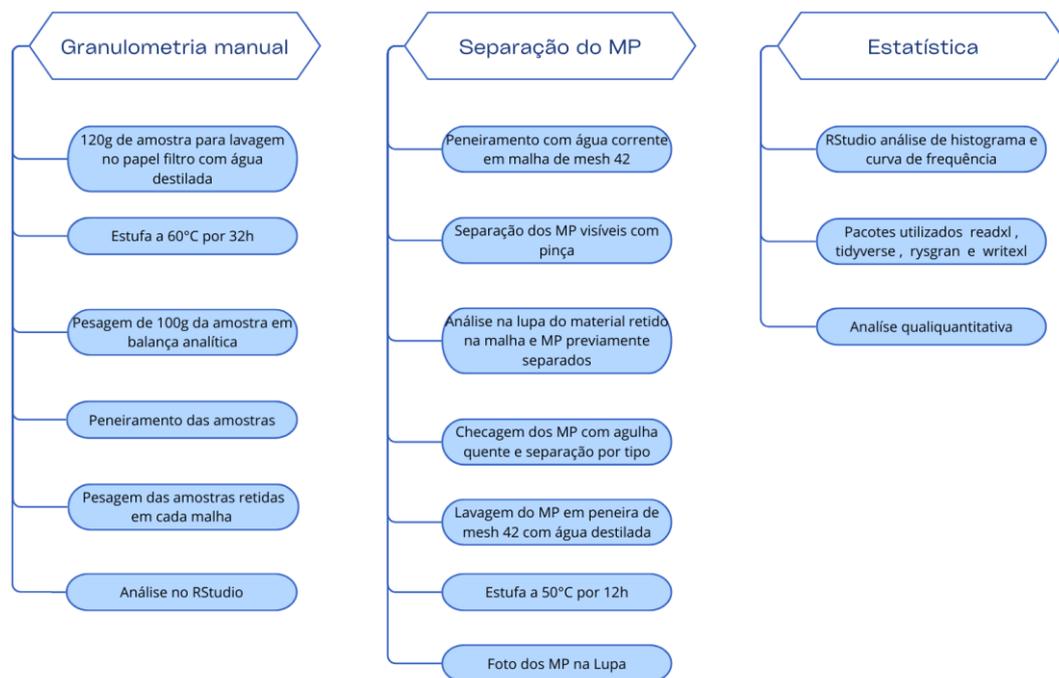


Figura 7: Fluxograma dos procedimentos de análise (Autor, 2024).

4.2.2 Extração e Quantificação do microplástico

Amostras foram peneiradas por peneiras de mesh 42 para extração do MP, usando água doce. O material retido na peneira foi guardado em placas de petri até a inspeção visual. MPs foram inspecionados visualmente com a ajuda de uma lupa e separados, evitando outros destroços (partículas orgânicas ou minerais), seguido o critério descrito por Hidalgo-Cruz et al., (2012). Além disso, utilizou-se uma agulha aquecida para validar a identificação de MP (IVAR DO SUL, 2009).

Na fase de quantificação dos microplásticos, é possível pesar ou contar as partículas localizadas em cada ponto de amostragem e medilas. Os plásticos na placa de Petri foram classificados conforme seu tamanho em, microplásticos e mesoplásticos, onde os mp foram medidos em um estereomicroscópio binocular modelo Zeiss STEMI 2000 C e os mesoplásticos uma com régua.

4.2.3. Classificação dos microplásticos e mesoplásticos

Nessa etapa foi utilizado um estereomicroscópio binocular modelo Zeiss STEMI 2000 C, no qual foram capturadas fotografias aproximadas e com maior detalhamento das amostras que foram fundamentais para uma melhor visualização, identificação e caracterização do material. Os microplásticos e mesoplásticos podem ser classificados por tamanho, forma, cor e composição química. Se o número total de partículas for menos que 30, pode-se medir o tamanho de cada partícula usando uma folha milimétrica, régua ou microscópio, o menor comprimento define o tamanho dos fragmentos irregulares (ALVAREZ-ZEFERINO, 2017).

Essa metodologia de separação por morfotipo foi selecionada por ser a mais empregada em pesquisas na área e também definida pelo Guia de Monitoramento e Acesso do Lixo Plástico do Oceano (GESAMP) como um método padrão, buscando facilitar e uniformizar os resultados para que possam ser comparados entre si. Para a separação por formato, foram aplicados os critérios de Hidalgo-Cruz et al. (2012), referido anteriormente e convertido na tabela 2.

Tipo	Formato	Característica
Fragmento	Grânulos e flocos	Duras com formato irregular, tendo aparência de estarem quebrados de um pedaço maior de plástico.
Espuma	Isopor e espojas	Próximas a esféricas ou granulares, que se deformam facilmente sob pressão, e podem ser parcialmente elásticas dependendo do estado de deterioração.
Film	Parecido com folha /insulfilme	Planas, flexíveis, com bordas angulares ou lisas.
Fibra	Parecidos com linhas / fibras / filamento	Material fibroso longo que tem comprimento maior que sua largura.
Pellet	Resina parecidas com esferas, "lágrimas de sereia", pérolas ou vidro	Duras com formato esférico, liso ou granular.

Tabela 1: Descrição das partículas de microplástico - Baseada na de Hidalgo (HIDALGO-CRUZ et al., 2012) e adaptada (Autor, 2024).

4.2.4. RStudio e estatística

O RStudio foi utilizado para fazer a análise granulométrica, utilizando uma planilha em .csv com a granulometria em $\phi = \Phi$ de 1 a 4 para plotar os histogramas, posteriormente analisar a curva de frequência. Foi utilizado os pacotes readxl, tidyverse, rysgran e writexl para os histogramas e curva de frequência, o pacote devtools ('mauricio-camargo/rysgran'), analisa e fornece uma tabela com a média, mediana, curtose, grau de seleção e assimetria utilizados nos resultados

Já a parte estatística foi realizado apenas uma análise quali-quantitativa, para tentar identificar padrão no morfotipo predominante e tamanho e se teve maior acúmulo em qual ponto amostral.

5. RESULTADO

5.1 RESULTADO GRANULOMETRIA

Em cada uma das três amostras (Figura 8), há uma concentração muito elevada de partículas na faixa de $\Phi = 3$, o que significa que a maioria das partículas para as amostras P1, P2 e P3 tem tamanhos muito semelhantes. A distribuição em $\Phi = 3$ representa aproximadamente 80% da amostra nas três condições, sugerindo que há uma predominância de areia fina. Há algumas partículas distribuídas em outros tamanhos, com pequenos picos nas faixas de $\Phi = 2$ a 4 na amostra 1, $\Phi = 2,5$ e 3,5 na amostra 2 e 3.

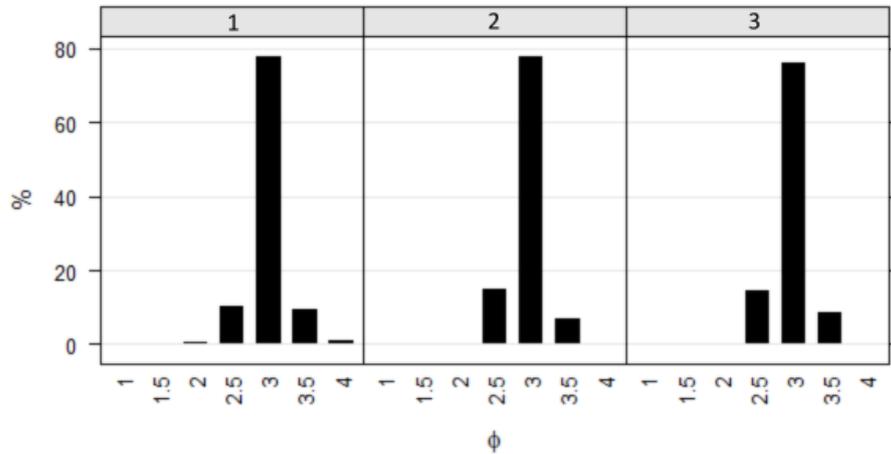


Figura 8: Histograma dos pontos amostrais 1, 2 e 3 (Autor, 2024).

Os gráficos de distribuição granulométrica das amostras identificadas como 4, 5 e 6 (Figura 9) apresentam padrões de distribuição bastante semelhantes aos das amostras anteriores. Em todas as três amostras, observa-se uma predominância de partículas na faixa de $\Phi = 3$, com aproximadamente 80% das partículas concentradas nessa classe. A amostra 4 contém uma pequena quantidade de partículas de maior tamanho (Φ entre 1,5 e 2), enquanto as amostras 5 e 6 apresentam uma distribuição mais uniforme, com apenas três classes granulométricas. Essa uniformidade sugere que as amostras são consistentes em termos de distribuição de tamanho de partículas. A presença de algumas partículas maiores (menores valores de Φ) em determinadas amostras pode indicar uma leve variação, embora essa variação seja limitada e não significativa no conjunto geral.

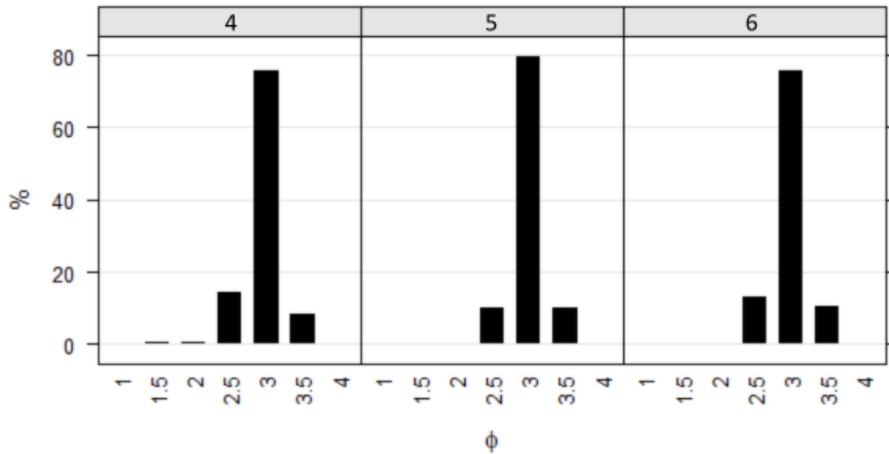


Figura 9: Histograma granulométrico dos pontos amostrais 4, 5 e 6 (Autor, 2024).

A amostra 7 (Figura 10) segue um padrão semelhante ao observado nas amostras anteriores com distribuição granulométrica em 3 classes, apresentando um pico pronunciado em $\Phi = 3$. Em contraste, a amostra 8 (Figura 10) se distingue das demais por apresentar uma distribuição granulométrica mais dispersa, com o pico também em $\Phi = 3$, porém com uma maior quantidade de partículas nas classes entre $\Phi = 2$ e $\Phi = 3,5$. A amostra 9 (Figura 10), por sua vez, revela uma distribuição mais equilibrada, com o pico localizado também entre $\Phi = 2,5$ e $\Phi = 3$, mas com leve variação nas classes de menor granulometria. Esta análise sugere que, embora o padrão dominante de granulometria em $\Phi = 3$ persiste.

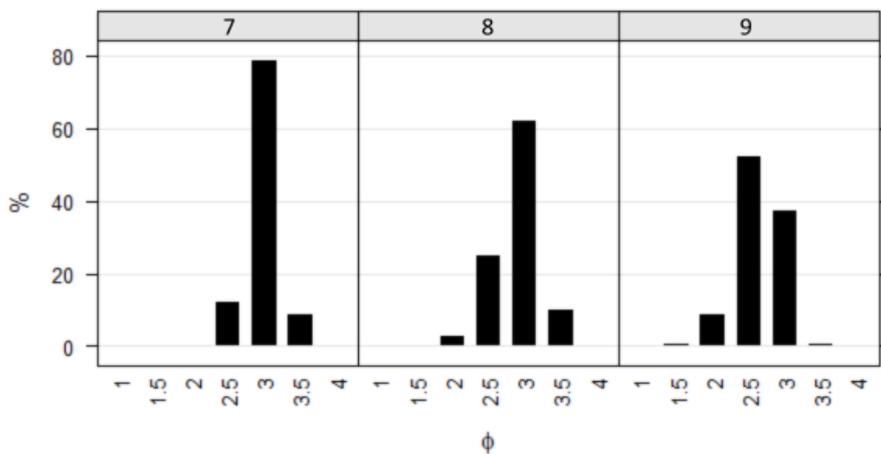


Figura 10: Histograma granulométrico dos pontos amostrais 7, 8 e 9 (Autor, 2024).

Amostra 10 (Figura 11) apresenta uma distribuição ligeiramente mais dispersa, com um pico principal em torno de $\Phi = 2,5$ de quase 40% a $\Phi = 3$ próximo de 60%. Além disso, há uma quantidade considerável de partículas entre $\Phi = 2$ e $\Phi = 2,5$, com uma leve presença de partículas maiores ($\Phi < 2$). Amostra 11 (Figura 11) mostra uma concentração significativa em $\Phi = 3$, com mais de 60% das partículas nessa faixa, enquanto pequenas quantidades de partículas estão distribuídas em $\Phi = 2,5$ e $3,5$. Amostra 12 (Figura 11) apresenta uma distribuição um pouco mais uniforme, com um pico em $\Phi = 3$ e uma quantidade relevante de partículas nas faixas de $\Phi = 2,5$ a 4 .

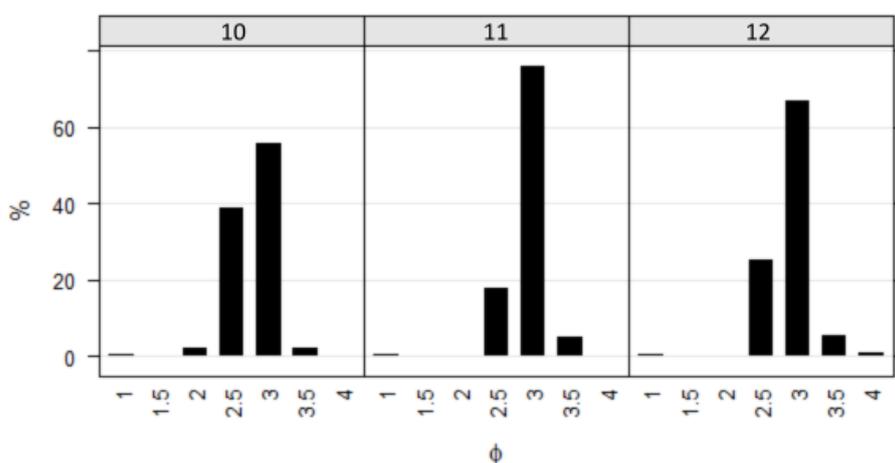


Figura 11: Histograma granulométrico dos pontos amostrais 10, 11 e 12 (Autor, 2024).

A amostra 13 (Figura 12) apresenta a distribuição granulométrica mais diversificada entre as analisadas, com uma leve dispersão de partículas nas classes de menores tamanhos (maiores valores de Φ) e em tamanhos maiores (menores valores de Φ). Em contrapartida, a amostra 14 (Figura 12) segue o padrão observado nas amostras anteriores, com um pico em torno de $\Phi = 3$ e uma leve variação nas classes de tamanhos adjacentes. Essa amostra exhibe uma concentração significativa de partículas em $\Phi = 3$, superior a 60%, além de uma quantidade relevante de partículas distribuídas entre $\Phi = 2,5$ e 3 .

Por outro lado, a amostra 15 (Figura 12) demonstra uma concentração extremamente alta de partículas em $\Phi = 3$, em torno de 80%, o que indica que esta é

a amostra mais uniforme em termos de granulometria. A variação no tamanho das partículas é mínima, com as outras classes granulométricas apresentando quantidades insignificantes de partículas, o que reforça a homogeneidade da amostra em relação às demais.

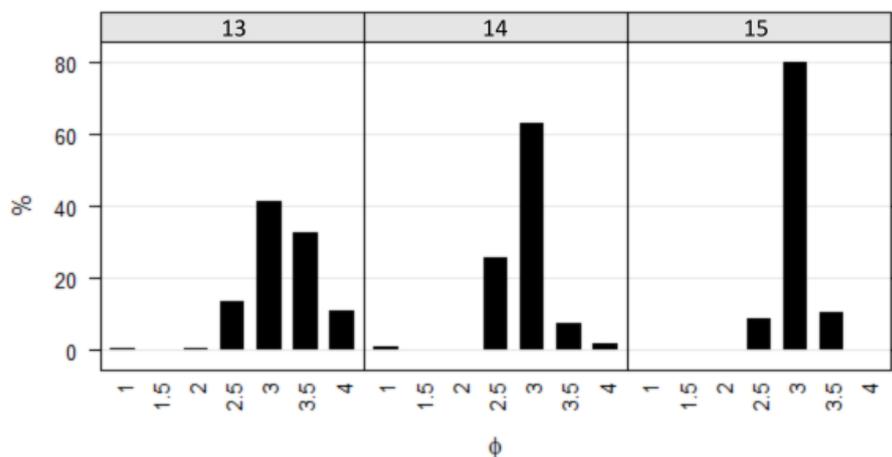


Figura 12: Histograma granulométrico dos pontos amostrais 13, 14 e 15 (Autor, 2024).

A amostra 16 (Figura 13) apresenta uma maior diversidade de tamanhos em comparação com as amostras 17 e 18, com uma quantidade considerável de partículas distribuídas entre as faixas de $\Phi = 2,5$ (cerca de 35%) e $\Phi = 3$ (um pouco acima de 60%). Isso indica uma predominância de areia fina, porém com baixa presença de areia muito fina e areia média. A amostra 17 (Figura 13), apesar de apresentar um pico em $\Phi = 3$, o que novamente reflete uma maior concentração de areia fina, exibe uma distribuição ligeiramente mais heterogênea, semelhante à amostra 16, porém com uma maior concentração de partículas na faixa de $\Phi = 3$.

Por sua vez, a amostra 18 (Figura 13) é a mais concentrada das três, com a maioria absoluta das partículas (aproximadamente 80%) constituída de areia fina, predominantemente na faixa de $\Phi = 3$. Isso sugere uma alta uniformidade granulométrica em comparação com as amostras 16 e 17, apresentando pouca variação no tamanho das partículas, com presença baixa de partículas em $\Phi = 2,5$ e quase 20% em $\Phi = 3,5$ o que sugere que esta amostra é composta por partículas de tamanho bastante homogêneo.

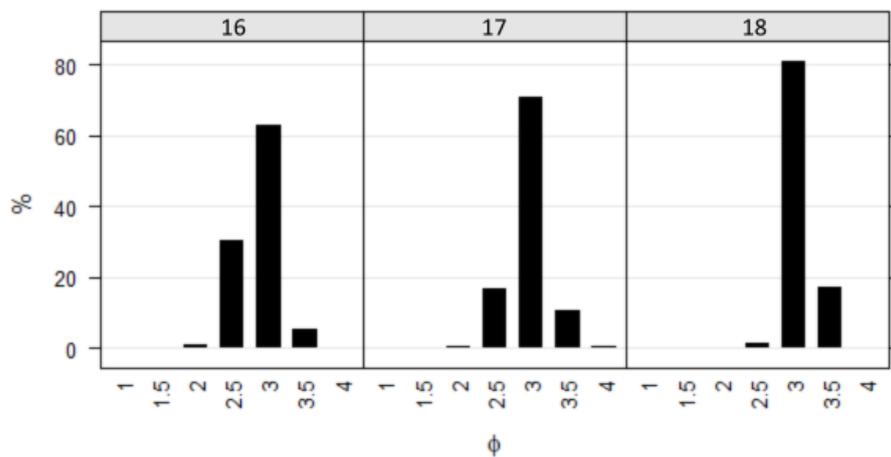


Figura 13: Histograma granulométrico dos pontos amostrais 16, 17 e 18 (Autor, 2024).

A amostra 19 (Figura 14) apresenta um pico bem definido em torno de $\Phi = 3$, com cerca de 70% das partículas concentradas nessa faixa. Há uma leve presença de partículas distribuídas entre $\Phi = 2,5$ e $\Phi = 4$, indicando alguma variação granulométrica, embora a predominância de partículas em $\Phi = 3$ seja evidente. A amostra 20 (Figura 14) segue um padrão muito semelhante, próximo de 70% das partículas concentradas em $\Phi = 3$ e uma presença menor de partículas nas faixas entre $\Phi = 2$ e $\Phi = 4$. Tanto a amostra 19 quanto a amostra 20 demonstram uma alta concentração de partículas em $\Phi = 3$, sugerindo uma granulometria relativamente uniforme, com pouca variação de tamanho.

Em contraste com essas duas amostras, a amostra 21 (Figura 14) apresenta uma distribuição granulométrica ligeiramente distinta, caracterizada por picos concentrados em torno de $\Phi = 2,5$ e $\Phi = 3$, com uma distribuição relativamente uniforme entre essas duas faixas. Esse padrão bimodal sugere a presença de duas populações de partículas, indicando uma mistura de areia média e areia muito fina, o que diferencia a amostra 21 das anteriores, que exibiam maior uniformidade em suas distribuições.

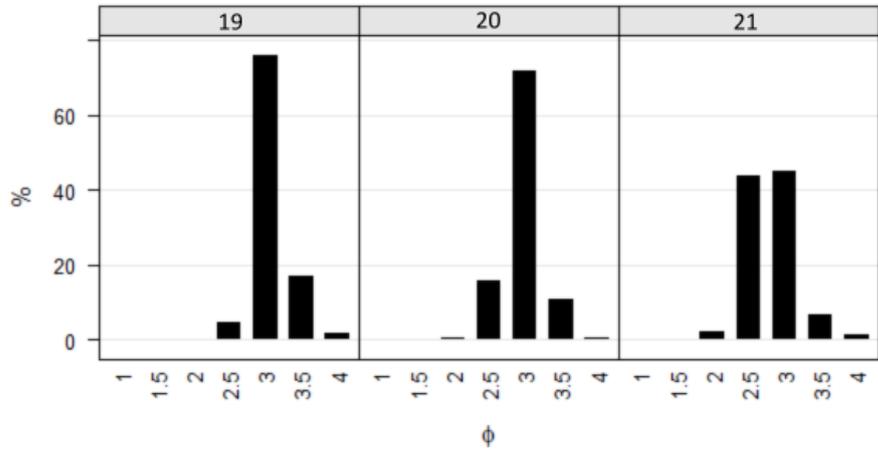


Figura 14: Histograma granulométrico dos pontos amostrais 19, 20 e 21 (Autor, 2024).

Por último, nos pontos amostrais (Figura 15) 22, 23, 24 e 25 se destacou novamente $\Phi = 3$, próximo de 80%, com distribuições inferiores a 20% de $\Phi = 2,5$ a $\Phi = 4$ nas amostras 22 e 23, $\Phi = 2$ na amostra 24 até $\Phi = 4$. Destacando-se da granulometria dos pontos anteriores, o ponto 25 tem uma distribuição bimodal de $\Phi = 3$ com quase 60% e $\Phi = 3,5$ com 40%, tendo uma granulometria inferior a 10% de $\Phi = 1,5$ a $\Phi = 4$, sugerindo uma distribuição mais heterogênea que as anteriores.

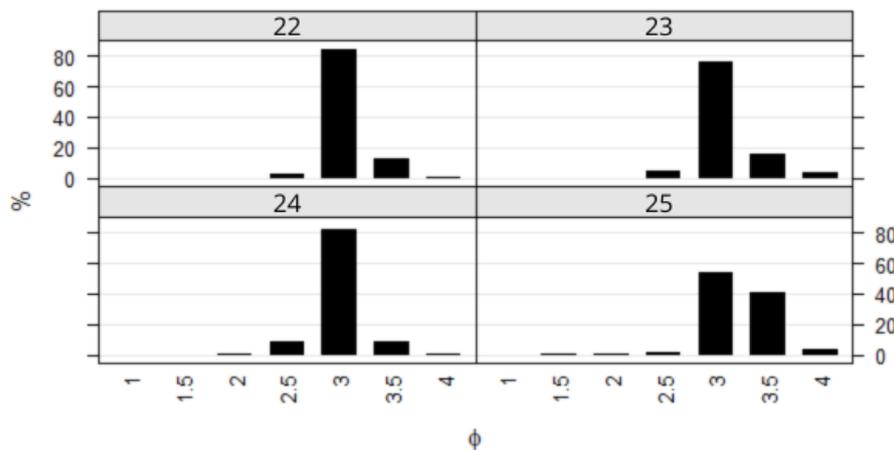


Figura 15: Histograma granulométrico dos pontos amostrais 22, 23, 24 e 25 (Autor, 2024).

Considerando um padrão de distribuição geral, A maioria das amostras apresentadas tem um pico significativo em $\Phi = 3$. Isso indica que a maior parte das partículas nas amostras tende a ser de tamanho similar, com $\Phi = 3$ as areias finas representando uma fração dominante em quase todos os casos. Em várias amostras, como nas amostras P1 a P6, P10 a P12, P16 a P18, e P19 a P21 a P24., a concentração de partículas em $\Phi = 3$ é superior a 60%, chegando até 80% em algumas amostras, como em P18, P19, P22 e P24. o que indica uma granulometria uniforme, com predominância de partículas de tamanho semelhante.

Algumas amostras apresentam uma distribuição mais diversificada, com partículas concentradas em mais de uma faixa de tamanho (ou com menor concentração de partículas em $\Phi = 3$). Amostra 9 tem uma distribuição mais diversificada, com partículas dispersas entre $\Phi = 1$ e $\Phi = 3,5$. Amostra 13 exibe uma distribuição mais variada com uma leve concentração em torno de $\Phi = 2,5$ a $\Phi = 4$, mas com uma maior quantidade de partículas menores. Amostras 21 e 25 sendo umas das amostras mais diversificadas, com picos em duas faixas de tamanho: $\Phi = 2,5$ e $\Phi = 3$ (amostra 21) e $\Phi = 3$ e $\Phi = 3,5$ (amostra 25), sugerindo uma distribuição bimodal.

As amostras, como 5, 7, 15 e 18 exibem uma concentração muito alta em $\Phi = 3$ (mais de 80% das partículas nessa faixa). Isso sugere uma granulometria extremamente uniforme, com quase nenhuma variação de tamanho de partículas. Nas amostras P9, P13, P21 e P25 apresentam características diferentes, com distribuições bimodais ou uma maior dispersão de partículas. Em P21, por exemplo, há picos tanto em $\Phi = 2,5$ quanto em $\Phi = 3$, o que pode indicar a presença de dois grupos distintos de partículas em termos de tamanho. A presença de partículas em diferentes tamanhos pode indicar múltiplas fontes sedimentares ou diferentes eventos geológicos que afetaram o ambiente de deposição. Amostras Uniformes (5, 6, 12, 15, 18) refletem uma maior homogeneidade nos processos de formação, indicando que as partículas podem ter sido formadas ou depositadas sob condições mais consistentes e regulares.

Uma análise da Curva de Frequência (Figura 16) revelou que as amostras foram agrupadas conforme a similaridade na distribuição granulométrica. As amostras

com distribuição semelhante foram representadas no gráfico por uma única curva, enquanto as amostras com padrões únicos de distribuição foram plotadas individualmente. A curva P01, por exemplo, representa as amostras P1 a P7, assim como as amostras P11, P12, P14, P15, P16 e P17, devido à semelhança em suas distribuições granulométricas. As amostras P08, P09, P10, P13, P18 e P25 foram consideradas individuais, enquanto as amostras P19 a P24 foram agrupadas com a curva de P18, devido à similaridade nos tamanhos de grãos.

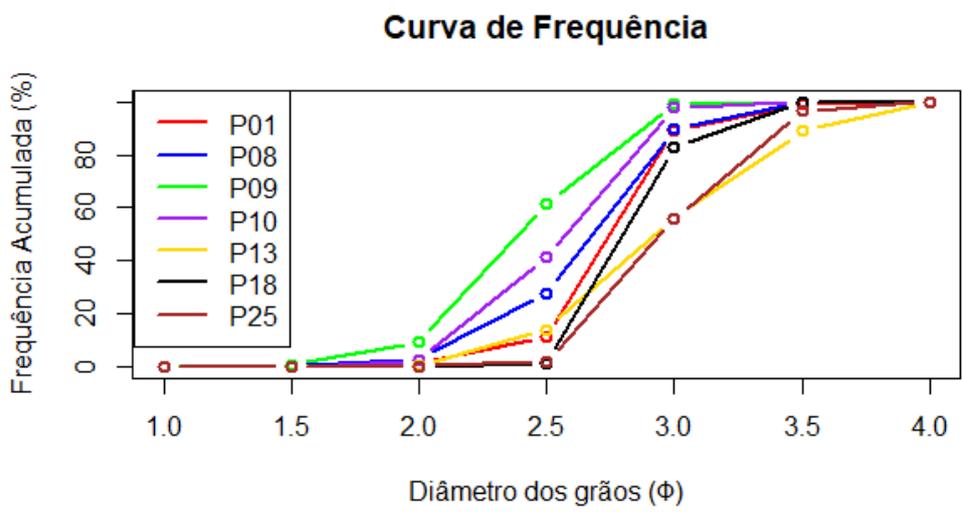


Figura 16: Gráfico de Frequência Acumulada (Autor, 2024)

Ao observar a Curva de Frequência acumulada (Figura 16), nota-se que todas as amostras apresentam um aumento significativo na frequência acumulada entre os valores de $\phi = 2,0$ e $\phi = 3,0$, o que indica que a maior parte dos grãos se encontra aqui faixa de diâmetro, correspondendo predominantemente a grãos de areia média a fina. Esse aumento rápido na frequência acumulada sugere uma predominância desses tamanhos de grãos nas amostras.

As curvas tendem a se estabilizar em valores de frequência acumulada entre $\phi = 3,5$ e $\phi = 4,0$, indicando que, acima desses valores, a adição de grãos menores é mínima. Isso indica que a maioria dos grãos foi incluída na frequência acumulada até esses pontos, o que é consistente com uma distribuição que tende a se estabilizar nessa faixa.

Diferenças nas inclinações das curvas indicam variações na seleção granulométrica entre as amostras. Por exemplo as amostras P01, P08, P10 e P18, atingem valores altos de frequência acumulada de forma mais rápida, indicando uma maior proporção de grãos finos e uma distribuição mais homogênea (bem selecionada). Em contrapartida, as amostras P09, P13 e P25 apresentam um aumento mais gradual na frequência acumulada, indicando uma distribuição de tamanhos de grãos mais heterogênea (mal selecionada).

Essas variações nas distribuições granulométricas sugerem diferentes condições de deposição entre os locais das amostras. Amostras com curvas mais verticais indicam ambientes de deposição com condições de energia mais uniformes, enquanto curvas mais distribuídas e com inclinações mais suaves indicam ambientes de deposição com maior variabilidade energética, possivelmente relacionadas a áreas de transição entre diferentes ambientes.

5.2 MICROPLÁSTICOS E MESOPLÁSTICOS

Com base no critério mencionado anteriormente para a identificação dos Mp e mesoplásticos segundo o morfotipo estabelecido por Hidalgo-Cruz et al. (2012) e a coleta de todas as amostras na linha da maré mais alta, no P1 foram encontrados mp de pellets e fragmentos, além de um fragmento de mesoplástico de. Os pellets têm uma forma esférica, são rígidos e possuem uma textura lisa e granular. Neste caso, a cor é amarelo escuro, possui uma superfície lisa, mede 5mm e mostra sinais de desgaste físico (Figura 17, c), enquanto o outro pellet é transparente, começando a amarelar, tem uma textura granular, mede 4mm de comprimento (Figura 17, b) e também exibe sinais de intemperismo.

Ainda nos mp, os fragmentos são caracterizados como rígidos e de contornos irregulares, aparentando ter se partido de um pedaço maior de plástico. Foram identificados 3 fragmentos: um de 5mm, com forma irregular, na cor branca e rígido (Figura 17, d); outro, também com contorno irregular, que se assemelha a um triângulo, medindo 2mm, duro e branco (Figura 17, e); e o terceiro, novamente com

forma irregular, mas bem diferente dos outros, com 3mm de comprimento e rígido (Figura 17, F), apresentando grau de intemperismo similar aos anteriores.

Por último o fragmento de mesoplástico (Figura 17,a), com 1,3 cm de comprimento, formato irregular, cor azul e apresentando sinais de atrito em sua superfície como sinal de desgaste.

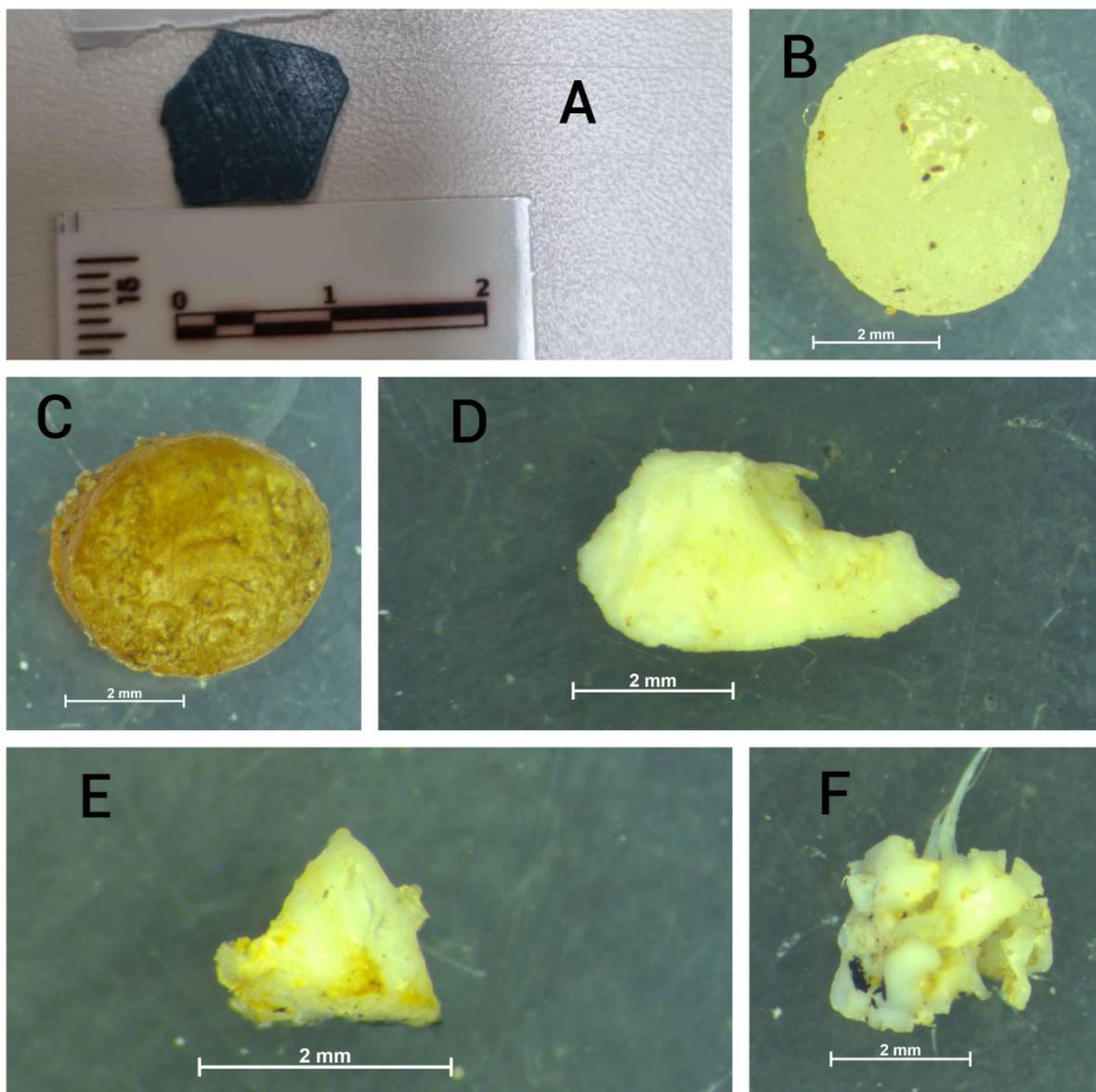
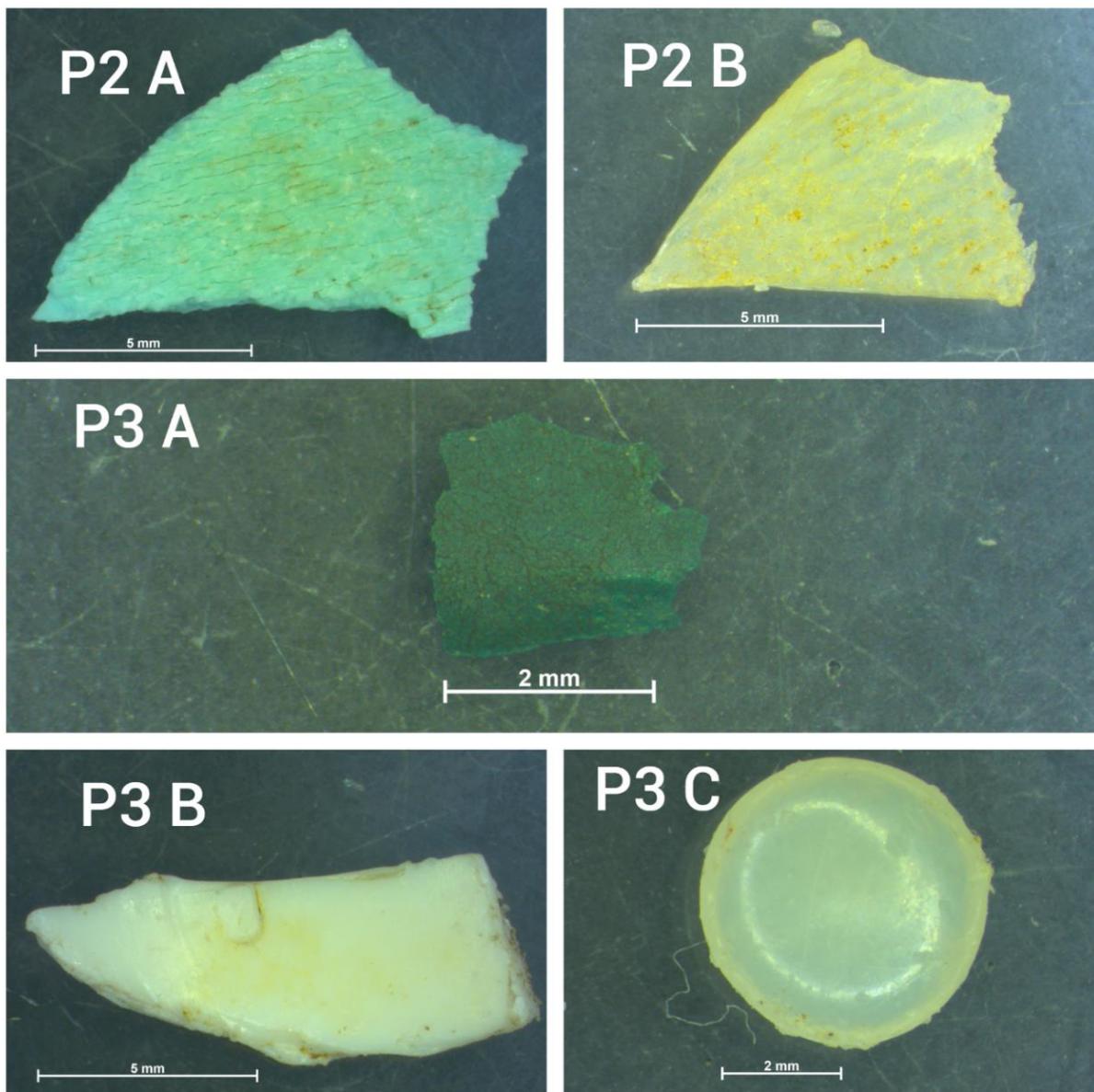


Figura 17: A imagem A é um fragmento de mesoplástico azul, de 1,3cm, rígido e formato irregular. Nas imagens B e C, temos dois pellets de formato circular, liso, transparente meio amarelado e 4mm de comprimento(B) e granular (C), de cor amarelo escuro, 5mm de comprimento e duro. Nas imagens D, E e F são 3 fragmentos de MP, sendo o D de 5mm, branco levemente amarelado, formato irregular e rígido. Na imagem E, um fragmento irregular, mas que lembra o formato de um triângulo

com 2mm de comprimento e rígido. Por último, o fragmento da imagem F que se diferencia bem dos anteriores pelo seu formato irregular, com 3mm, branco levemente amarelado e duro (Autor, 2024).

Os mesoplásticos são fragmentos de plásticos com comprimento entre 6mm a 5cm, seguindo a definição mencionada anteriormente. No P2 encontraram-se 2 fragmentos de mesoplásticos, dos quais um é verde claro, de formato irregular, rígido, apresentando marcas de intemperismo visíveis, que ao se soltar podem originar MP, medindo 10mm, ou seja, 1cm de comprimento (Figura 18, P2 A). O outro pedaço de mesoplástico é transparente, duro, de forma irregular, porém parecido com o anterior, medindo 7mm de comprimento (Figura 18, P2 B).

No P3, houve um fragmento de tinta verde de 2mm (Figura 18, P3 A) que não se encaixou na descrição de Hidalgo-Cruz et al. (2012), mas é considerado MP devido à sua composição química. Houve também um MP de pellet de 4mm, transparente, duro e em formato redondo (Figura 18, P3 B). Por fim, um fragmento de mesoplástico, com formato irregular, de cor branca, rígido e medindo 11mm de comprimento (Figura 18, P3 C). Tanto o MP quanto os mesoplásticos apresentam sinais de desgaste devido ao intemperismo; no entanto, o pellet é o que mostra menos desgaste.



18: Na amostra P2, foram encontrados 2 fragmentos de mesoplástico: um verde claro de 10mm, rígido e com formato irregular (P2 A), e outro fragmento transparente, duro, de forma irregular, com 7mm (P2 B). No P3, há um fragmento de tinta verde, medindo 2mm de comprimento e com formato irregular (P3 A), um fragmento mesoplástico branco, com formato irregular, 11mm e rígido (P3 B) e um MP de pellet transparente, de formato circular, com 4mm e rígido (P3 C) (Autor, 2024).

No P4, não foram achados MPs na amostra, mas foram identificados 2 fragmentos (Figura 19, P4 A e B) de mesoplásticos, ambos azuis, com formato irregular, rígidos e apresentando sinais de desgaste físico; P4 A mede 7mm de comprimento e P4 B, 9mm. No P5, foi encontrado somente um fragmento de

mesoplástico de 13mm, de cor branca, rigidez alta e forma irregular, que também mostrava sinais de desgaste físico (Figura 19, P5 A). No P7, há dois pedaços de mesoplástico que se assemelham a hastes plásticas flexíveis (Figura 19, P7 A) que poderiam ter algodões nas extremidades, sendo a inferior perto da régua com 1,5cm e a superior com 2cm e rígida.

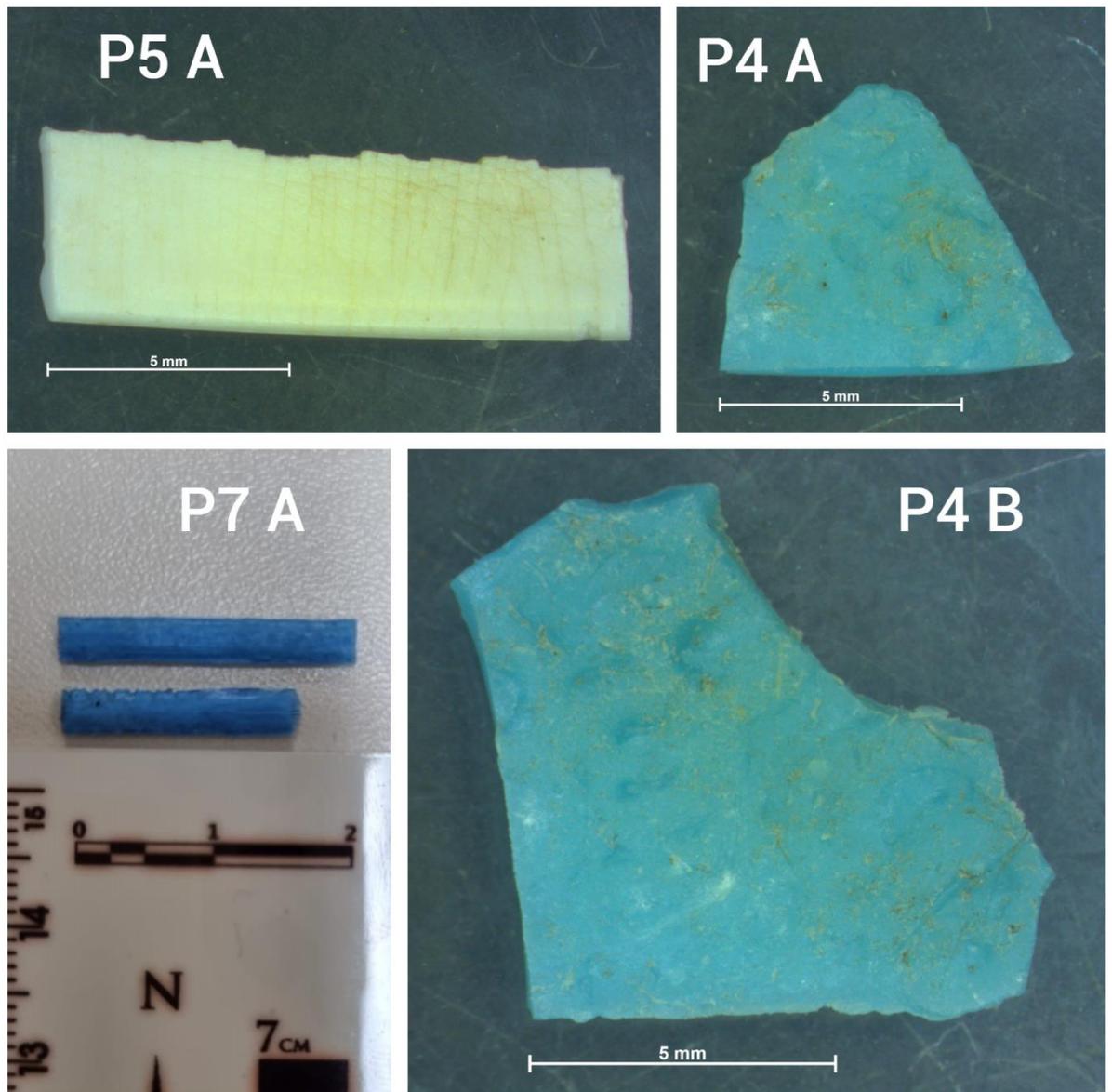
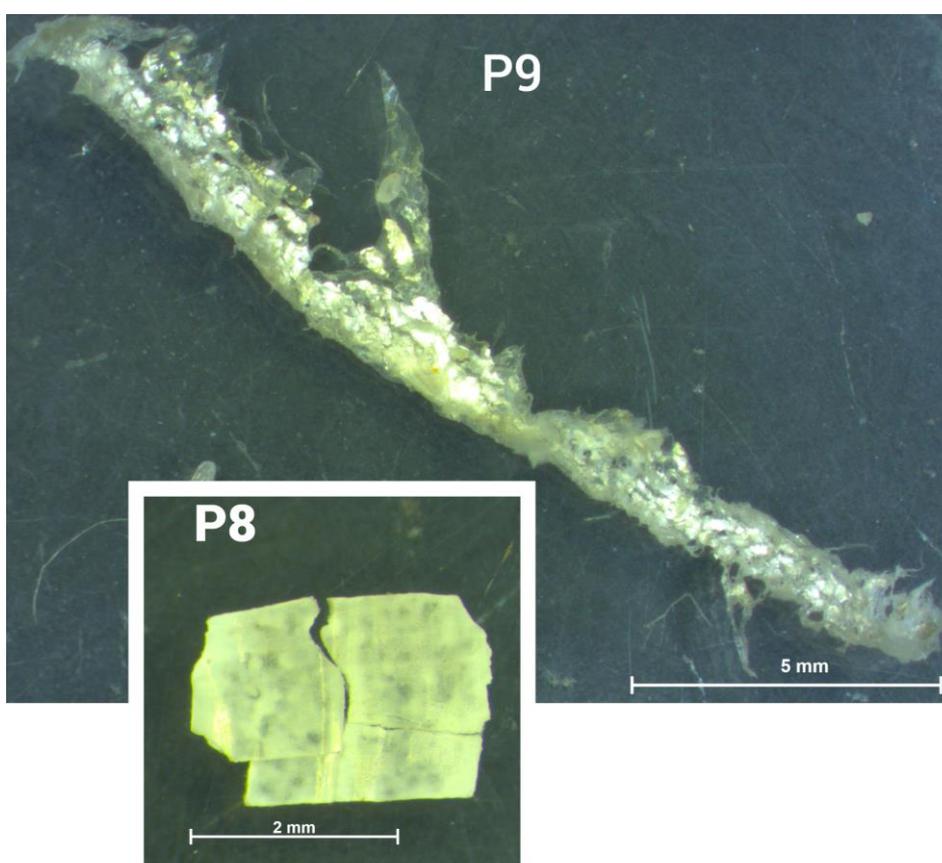


Figura 19: Dois fragmentos de mesoplástico azul, formato irregular, rígidos e de 7mm e 9mm de comprimento no P4 (P4 A e B). Um fragmento branco de mesoplástico rígido (P5 A), e formato irregular no P5, dois fragmentos de mesoplástico azul de hastes plásticas flexíveis que possivelmente tinham algodão nas duas extremidades (P7 A) (Autor, 2024).

Na amostra do P8 (Figura 20) foi identificado o que é referido como Filme por Hidalgo-Cruz et. De acordo com AI (2012), os filmes são planos, flexíveis, com bordas lisas ou angulares e assemelham-se a folhas; neste caso, é plano, flexível, com uma borda um pouco angular devido à deterioração que ocorreu, sua coloração é branca e mede 4mm de comprimento. No P9 (Figura 20), é um mesoplástico que se classifica como fibra, apresentando características como um material fibroso, com comprimento superior à sua largura, assemelhando-se a fios, fibras ou filamentos, neste caso tem fibras de coloração prateada, com 20mm.



20Figura 20: No P8 é um film de MP, caracterizado por ser maleável, bordas angulares, plano e se assemelha a uma folha, sua cor é branca e tem 4mm de comprimento. No P9 é um mesoplástico de fibra prateado, flexível, com comprimento maior que sua largura e e tem 20mm de comprimento (Autor, 2024).

Na amostra do P10, foi encontrado um plástico fragmentado, com partes situadas tanto dentro quanto fora do amostrador, resultando na coleta de dois fragmentos desse copo (Figura 21) na amostra, sendo flexíveis e transparentes, o

fragmento superior com 5cm que é um mesoplástico e o inferior com 10cm, o que o exclui da classificação de mesoplástico, pois variam de 6mm a 5cm, mas evidenciam o potencial de poluição dos plásticos em pedaços menores. No P12, foi achado um pedaço rígido, branco, de contorno irregular e com quase 3cm de comprimento (Figura 21).

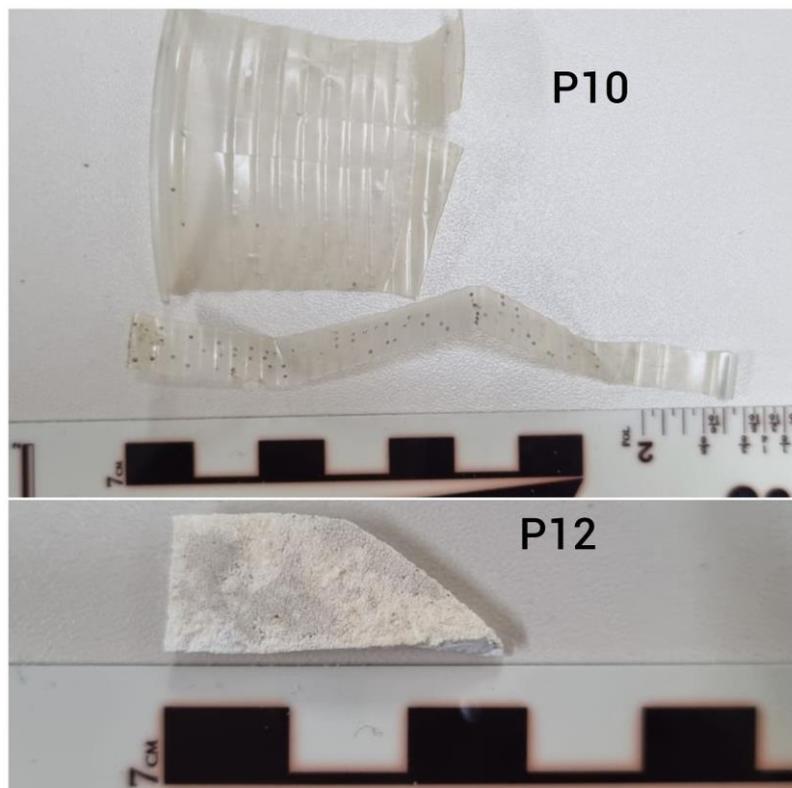


Figura 21: No P10, teve um fragmento de mesoplástico maleável, transparente, com formato irregular, o superior tem 5cm de comprimento e o inferior tem aproximadamente 10cm e não é considerado mesoplástico. No P12 um fragmento e mesoplástico de formato irregular, rígido, de cor branca e com 5cm de comprimento (Autor, 2024).

Na amostra do P14, foram encontrados 2 fragmentos de mesoplásticos que parecem ser partes do mesmo plástico, são irregulares, firmes e azuis (Figura 22, P14 A), o menor mede 1,2cm e o maior 2,8cm, ambos estão fisicamente danificados. O fragmento de MP mede 4mm (Figura 22, P14 B), possui cor azul claro, assemelha-se a um triângulo e não é flexível. O P16 possui um mesoplástico categorizado como espuma, uma vez que se assemelham a esponjas ou espuma, seu formato é quase esférico ou granular, deformam-se com facilidade sob pressão e podem ser parcialmente elásticos, conforme seu nível de deterioração. Neste caso, apresenta um

formato granular (Figura 22, P16), deforma-se sob pressão e é elástico devido ao nível de desgaste. No P16, encontra-se outro fragmento categorizado como mp de tinta (Figura 22, P17), apresentando formato irregular, cor laranja com alguns tons mais claros devido ao intemperismo e mede 2mm de comprimento.

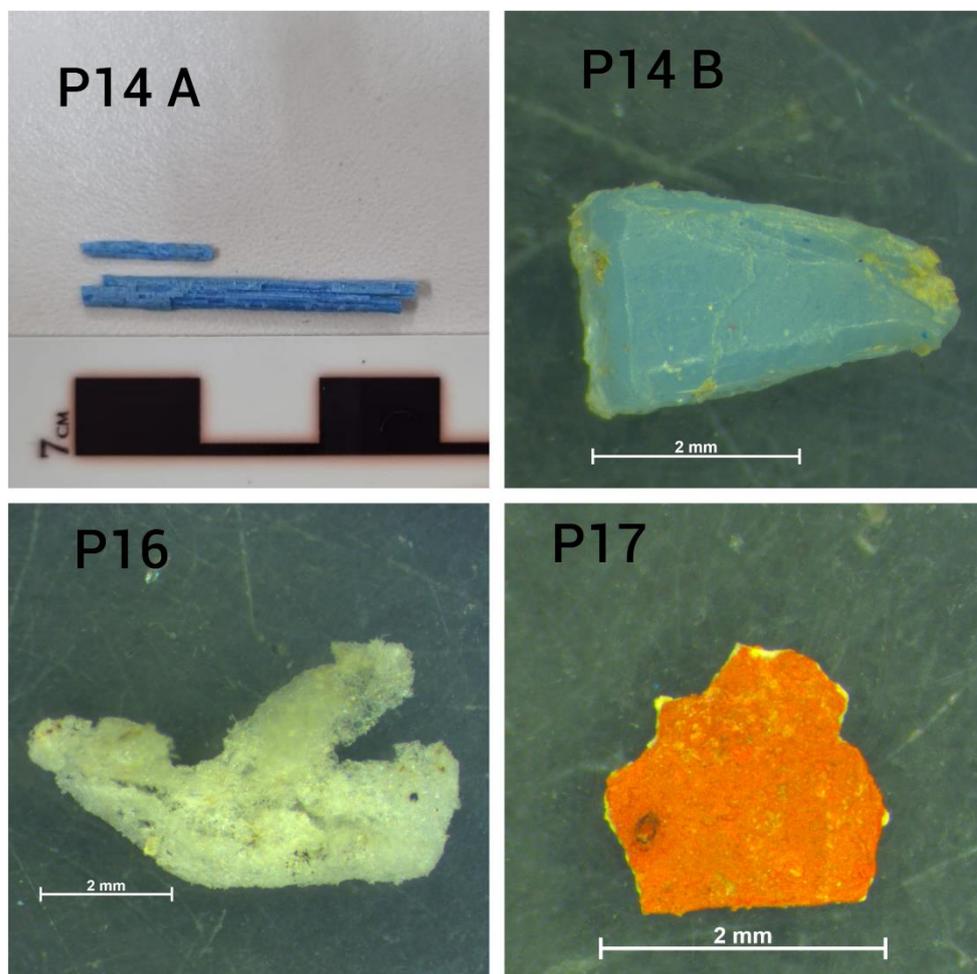


Figura 22: P14 A tem 2 mesoplásticos azuis, considerados fragmentos, pois não são maleáveis, tem formato irregular. No P14 B, um fragmento de MP azul, rígido, formato irregular mas que lembra um triângulo, de 4mm de comprimento. Uma espuma flexível, elástica, granular e de 6mm de comprimento, considerado mesoplástico (P16) e por último, um MP de tinta laranja, de 2mm de comprimento e formato irregular (P17) (Autor, 2024).

Na amostra obtida no P18, foram encontrados um fragmento de plástico azul com 12mm, rígido e irregular (Figura 23, P18 A), e uma fibra maleável, verde clara, lisa e com 10mm (Figura 23, P18 B), classificados como mesoplásticos. No P20, havia um mp de espuma lisa, flexível e na tonalidade branca e com 4mm de comprimento

(Figura 23, P20 A) e um MP de pellet marrom, circular, liso e com 5mm de comprimento (Figura 23,P20 B) .

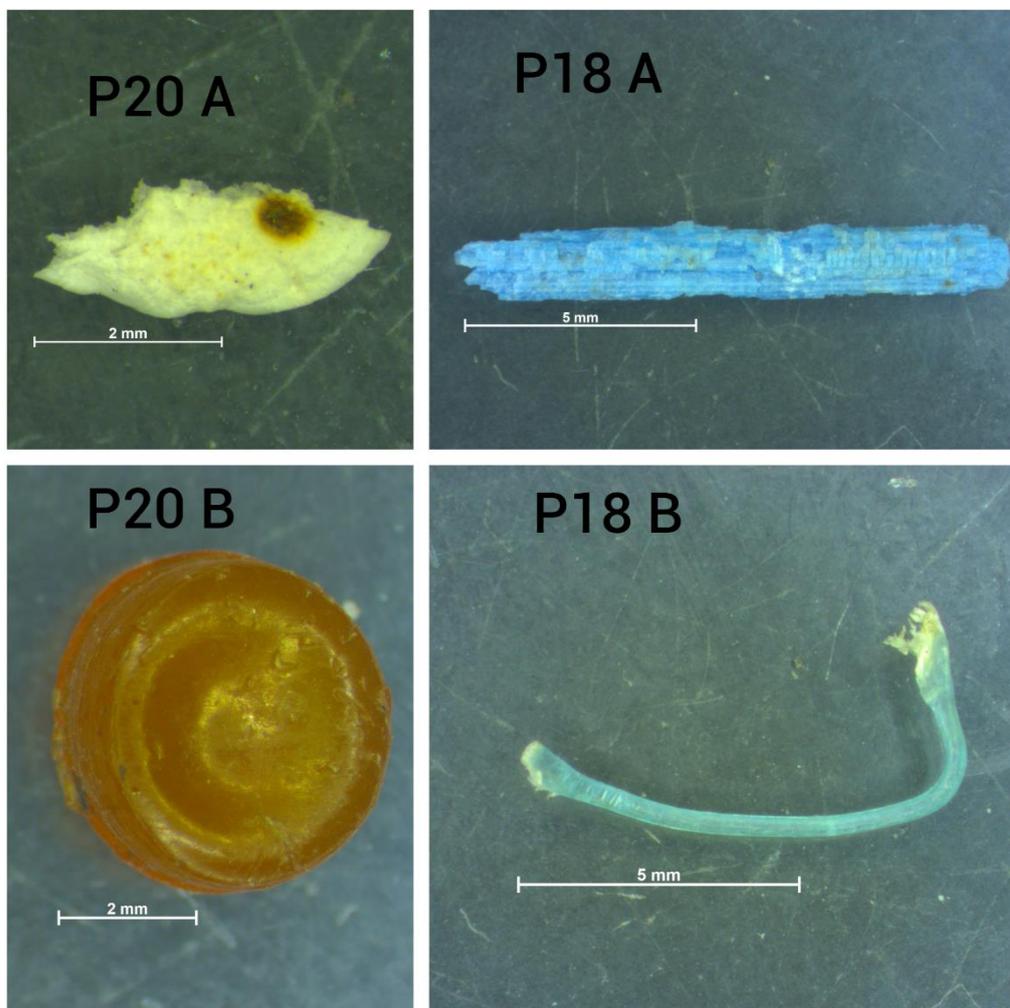


Figura 23: No P18 tem um fragmento azul, duro, irregular de 12mm (P18 A) e uma fibra maleável, verde claro e lisa de 10mm (P18 B), ambos classificados como mesoplásticos. No P20 uma espuma (P20 A) branca de 4mm, flexível e lisa, e um pellet marrom de 5mm, rígido e circular (P20 B) (Autor, 2024).

No P22, foram encontrados 4 fragmentos de mesoplásticos, todos rígidos e com formato irregular, variando apenas em cores e tamanhos, com 2 deles sendo brancos (Figura 24, A e C), onde o A mede 8mm e o C mede 7mm. A amostra b apresenta-se em cor rosa e mede 11mm (Figura 24, C) de comprimento, enquanto o último fragmento de mesoplástico é verde e tem 6mm (Figura 24, D) de comprimento. Nos pellets (Figura 24, E e F), identificados como E e F, ambos possuem 6mm de comprimento, são rígidos, de forma circular e lisos. No entanto, o F apresenta um grau de desgaste mais acentuado, com partes visíveis que poderiam se desprender e gerar

novas partículas de MP se permanecessem no ambiente praial, além de mostrar deformações em sua forma original.

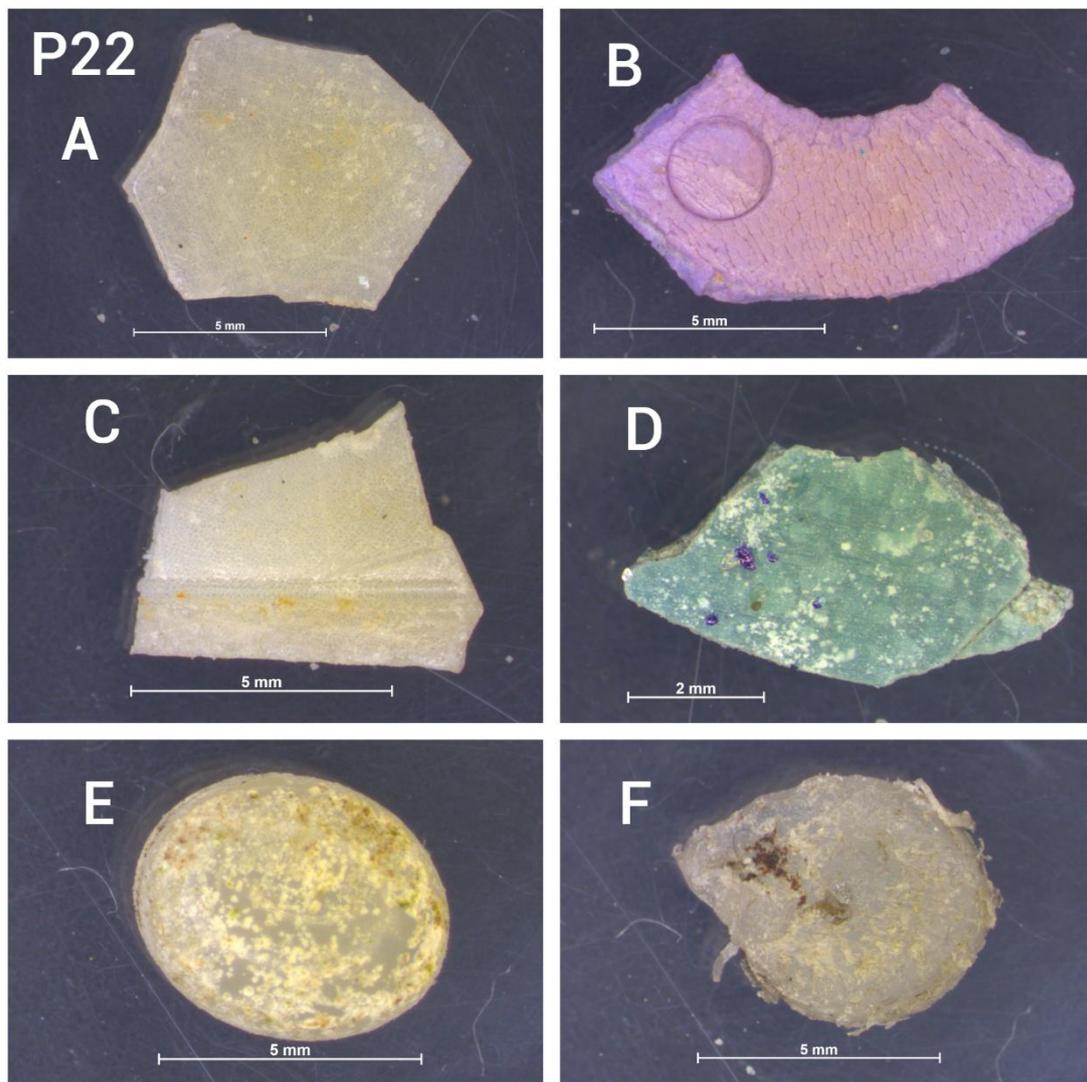


Figura 24: Amostras de mesoplástico do P22, (A) um fragmento rígido com formato irregular, 8mm de comprimento e cor branca; (B) Fragmento de 11mm de comprimento, rosa, não flexível e formato irregular; (C) Fragmento branco, formato irregular, duro e 7mm de comprimento; (D) Fragmento verde, de 6mm, rígido e formato irregular; (E) Pellet de 6mm, formato circular, branco, liso e não maleável; (F) Pellet em formato circular já deformado, liso, redondo, inflexível e 6mm de comprimento.

Já os microplásticos do P22, tiveram 6 fragmentos (Figura 25), das cores branco (Figura 25, D, E e F) verde (Figura 25, B) e translúcido (Figura C e G), ambos inflexíveis e formato irregular, a partícula G com 2mm de comprimento, a C e E com

3mm e a B, D e F com 4mm. A partícula A (Figura 25, A), é uma espuma, pois seu formato é irregular, mas maleável e espuma lisa, com 4mm de comprimento.

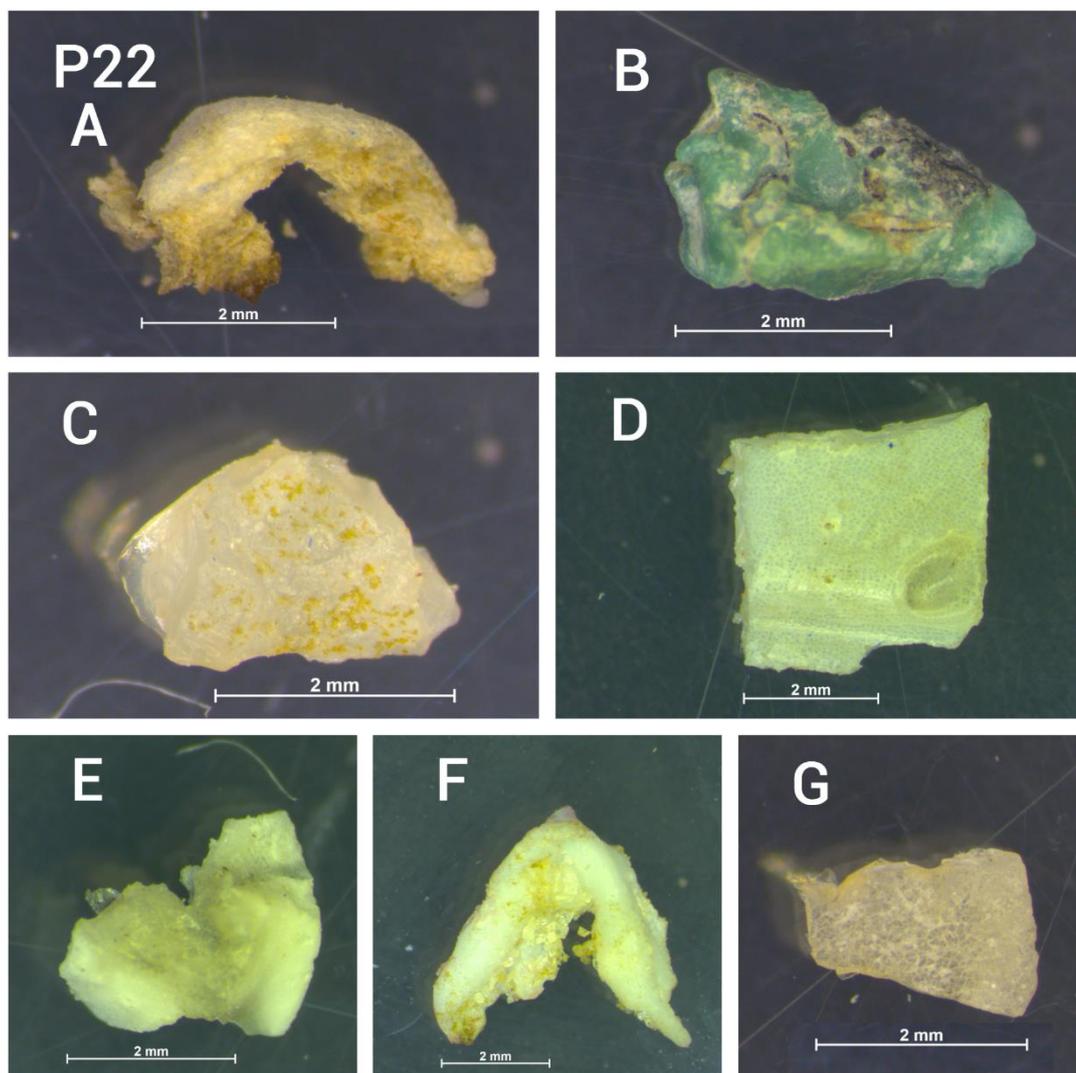


Figura 25: Microplásticos do P22, (A) uma espuma lisa, flexível, e formato irregular com 4mm de comprimento; (B) Fragmento verde, de 4mm, irregular e não flexível; (C) Fragmento de 3mm, translúcido, rígido e formato irregular; (D) Fragmento branco, 4mm de comprimento, rígido e irregular seu formato; (E) Fragmento de 3mm, indefinido seu formato, duro e branco; (F) Fragmento branco, irregular, rígido e 4mm; (G) Fragmento translúcido, 2mm de comprimento, duro e formato irregular.

E os outros 4 MP do P22, são 3 pellets (figura 26, A, B e C), onde ambos são lisos, com formato circular e rígidos, cor branca, mas por causa da exposição aos processos físicos e químico do ambiente, sua coloração foi amarelado e todos tem 4mm de comprimento. E uma fibra azul (figura 26), lisa e maleável, com 4mm de comprimento.

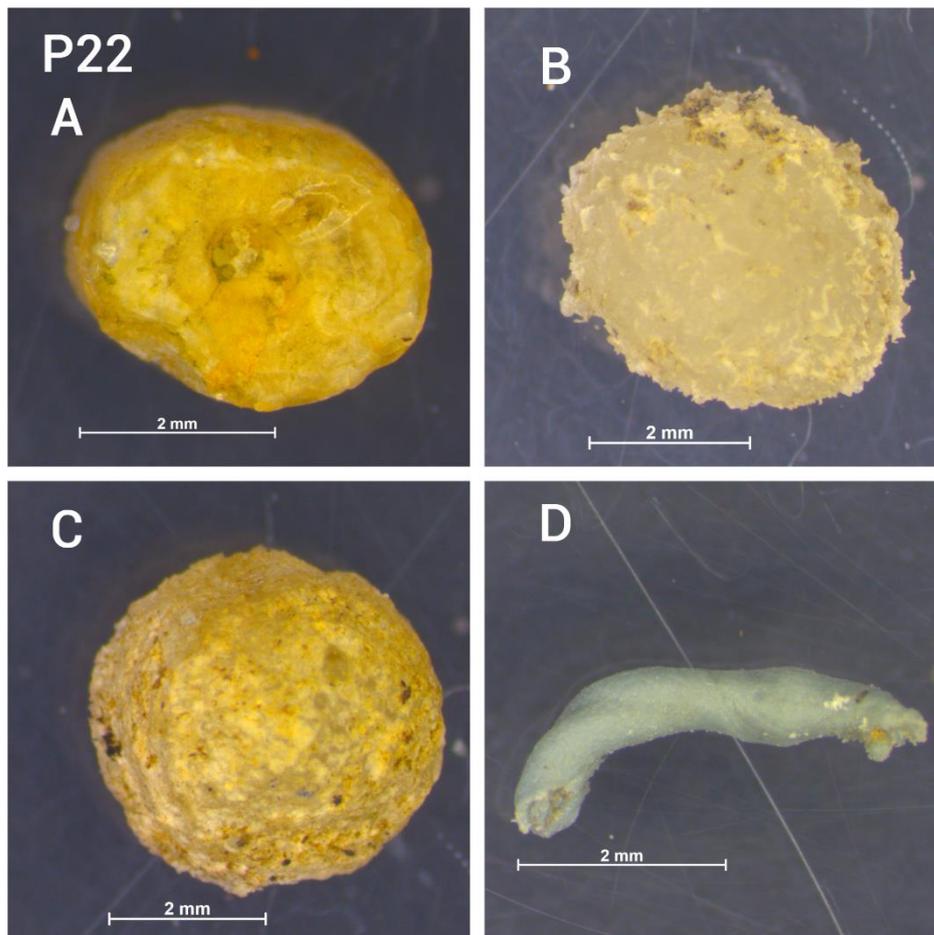


Figura 26: Amostras de MP do P22, (A) Pellet amarelado, 4mm de comprimento, rígido, liso e circular; (B) Pellet amarelado de 4mm, circular, inflexível e liso; (C) Pellet circular, não maleável, amarelado e 4mm; (D) Fibra lisa, maleável, azul claro e 4mm de comprimento.

Na Praia de Encantadas (P25), teve uma bituca (Figura 27) de cigarro que é considerado plástico de uso único, maleável, liso tem 2cm de comprimento e um mesoplastico de film prata, flexível, bordas lisas e (Figura 27).

P25

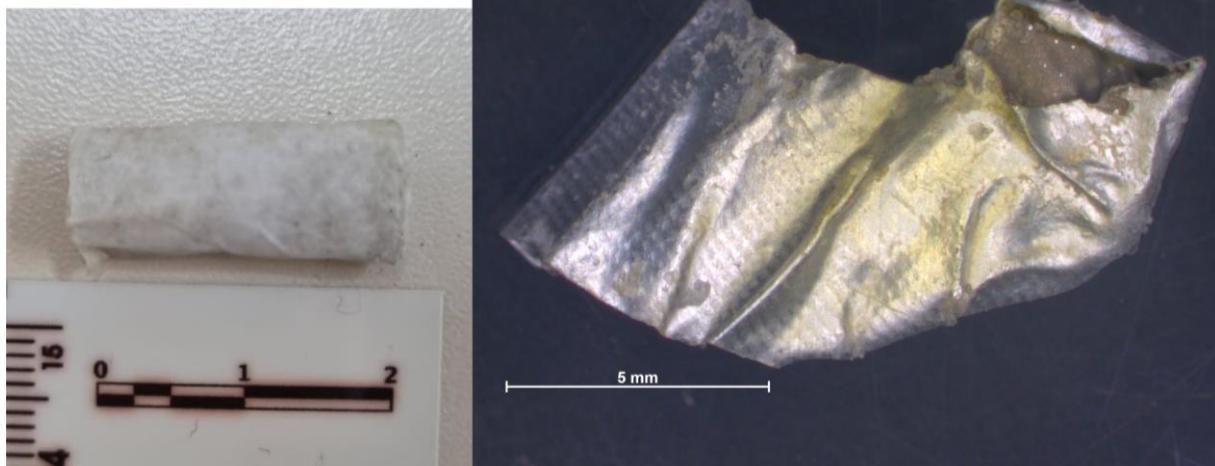


Figura 27: Mesoplástico de bituca de cigarro, maleável, liso, cor branca e 2cm de comprimento e fragmento de film prata, flexível e borda lisa com 15mm de comprimento, ambos do P25 (Autor, 2024).

5.2.2. Avaliação Quali-quantitativa

Uma análise quali-quantitativa da presença de mesoplásticos e MP mostrou um total de 25 mesoplásticos e 23 microplásticos espalhados pelos pontos amostrais (Gráfico 1). A maior concentração de ambos os contaminantes foram observados na Praia do Miguel (P22), uma área não urbanizada com acesso restrito por trilhas, localizada a sudoeste do Farol das Conchas. Em oito pontos de amostragem (P06, P11, P13, P15, P19, P21, P23 e P24), não foram encontrados mesoplásticos ou MP. Em dois locais (P17 e P20), apenas MP foram detectados, sem a presença de mesoplásticos. Em seis locais (P01, P03, P08, P09, P14 e P22), os dois tipos de plásticos estavam presentes. E em 8 pontos (P2, P4, P5, P7, P10, P12, P16, P18 e P25), foram encontrados somente mesoplásticos.

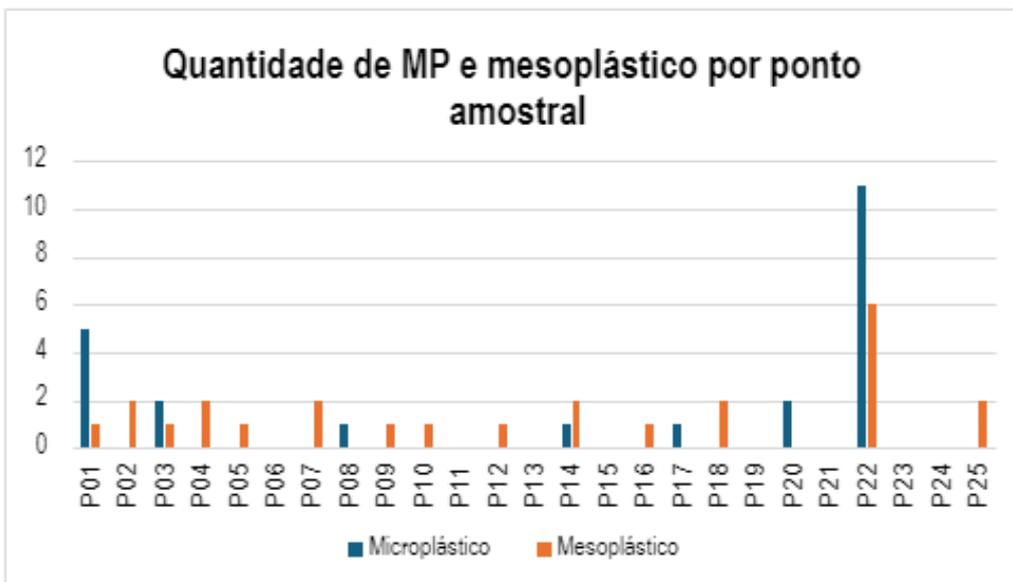


Gráfico 1: Quantidade de microplástico e mesoplástico por ponto amostral na Ilha do Mel - PR (Autor, 2024).

A avaliação dos tipos de microplásticos mostrou uma predominância de fragmentos, totalizando 12 unidades. Os pellets foram o segundo tipo mais comum, com cerca de 7 unidades, enquanto espuma, fibra e filme apresentaram apenas uma unidade cada. Notou-se que o ponto de amostragem P22, situado na Praia do Miguel, mostrou uma maior quantidade de microplásticos, alcançando 11 unidades. Esse número foi quase o dobro do que foi visto no ponto P1, que se refere à Praia da Fortaleza, onde foram contabilizadas 5 unidades de microplásticos. Os morfotipos de espuma, fibra e film.

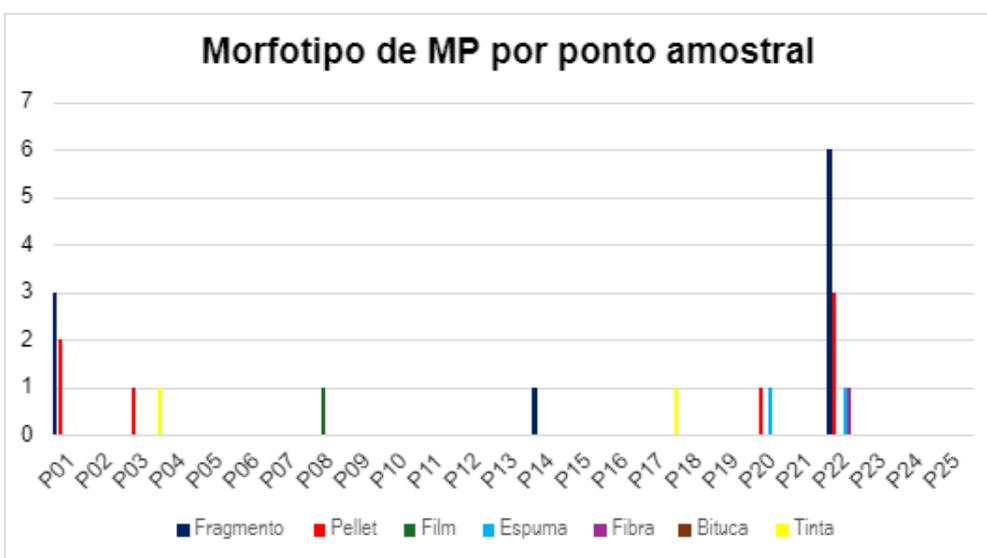


Gráfico 2: Tipos de microplástico por ponto amostral na Ilha do Mel -PR (Autor, 2024).

As informações sobre mesoplásticos mostram que os fragmentos foram a categoria mais comum, somando 18 unidades. O ponto P22 apresentou o maior número de fragmentos, com 4 unidades, enquanto P02, P04, P07, P14 e P18 tiveram 2 unidades cada. Os tipos "film" e "espuma" foram identificados em apenas 1 partícula de cada, situados nos locais P16 e P25. As fibras foram registradas em P09 e P18, enquanto os pellets aparecem somente no ponto P22, com 2 unidades. O local com maior quantidade total de mesoplásticos foi P18, com um total de 6 unidades registradas. E o P25 continha uma bituca de mesoplástico.

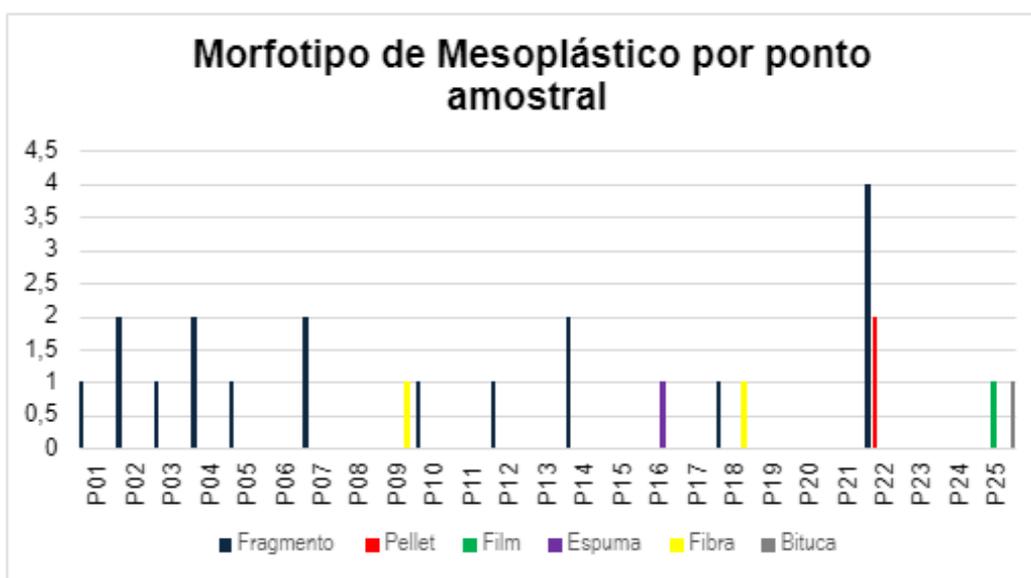


Gráfico 3: Tipos de mesoplásticos por ponto amostral na Ilha do Mel -PR (Autor, 2024).

6. DISCUSSÃO

Os MPs presentes nos oceanos, quando chegam à beira da praia, se depositam primeiro na premar, uma área de caráter efêmero, dinâmico e sazonal (GREGORY, 2009; BAZTAN et al., 2014; SILVA, P.P.G. e, 2016). Posteriormente, conforme o ciclo das marés, parte dos MPs que estão nessa região podem permanecer ou ser transportados para as dunas pela ação dos ventos, assim como a próxima maré poderá trazer mais MPs ou levar os acumulados de volta ao oceano. Para Ângulo (1992, b) os ventos mais fortes que conseguem transportar partículas, prevalecem no sentido Sul e Leste, superiores a 6m/s e de Sul a 10m/s da Ilha do Mel – PR.

Para Paulo P. G. e Silva (2016), a densidade média dos MPs é menor que a densidade dos grãos e, por isso, o vento auxilia tanto no transporte de grãos de areia nas praias quanto no transporte de partículas de plástico, assim como a velocidade necessária para o transporte de sedimento e das partículas de plástico irá depender do tamanho, da forma e da densidade do material. Os microplásticos são mais frequentemente encontrados em praias de granulometria fina, como areia leve e uniforme, por causa de sua capacidade de acumulação e de como se relacionam com as correntes marinhas. (Browne et al., 2010).

A velocidade do vento necessária para começar transportar as partículas de areia é de 16km/h (PRESS, F. et. al., 2006). A granulometria dos pontos amostrais prevaleceu em sua maioria em $\Phi = 3$, com uma baixa distribuição em $\Phi = 2,5$ e $\Phi = 3,5$, indicando um local de melhor seleção dos sedimentos e retrabalhamento. Com a velocidade média mensal no mês de setembro de 5km/h a 10km/h durante 19 dias e de 10km/h a 20km/h em um período de 10 dias, soprando predominantemente e alternado E e ENE, no mês de outubro a média dos ventos foram de 5km/h a 10km/h por 19 dias e de 11kmh a 20km/h por 10 dias de S, mostrou ser o suficiente para redistribuir os MPs superficiais que se encontravam na linha de maré mais alta.

A hidrodinâmica das praias da Ilha do Mel, caracterizada pelas correntes costeiras e ação das ondas, desempenha papel fundamental na distribuição e acúmulo de micro e mesoplásticos. Correntes litorâneas, influenciadas pelas marés e pelo regime de ondas, podem transportar partículas plásticas ao longo da costa e depositá-las em áreas onde a energia das ondas diminui, como enseadas e áreas de baixa profundidade (Isobe et al., 2014). A hidrodinâmica da região também influencia a classificação dos sedimentos, sendo que áreas bem específicas, como observado nos pontos P1 a P7, sugerem ambientes de deposição mais benéficos, favorecendo a permanência de partículas plásticas em menores quantidades por ponto (CARSON et al., 2011) e no P22 em maiores quantidades.

Os pontos P19, P20, P22, P23 e P24 são classificadas como oceânicas por. Essas praias de modo geral são menos propensas para o acúmulo de resíduos plásticos segundo Short (1996) apresentam uma dinâmica de transporte de

sedimentos mais intensa, o que pode levar à redistribuição contínua de microplásticos ao longo da costa. Isso reflete nesse estudo, pois dos 5 pontos amostrais, apenas dois tiveram retenção dessas partículas, sendo o P22 com 11 MP e 6 mesoplásticos e o P20 com um pellet e uma espuma. Os outros pontos não tiveram nenhum MP ou mesoplástico nas amostras porque a interação complexa de correntes de maré e deriva litorânea contribui para padrões variados de acúmulo de plásticos. Embora apresentem uma maior vulnerabilidade a correntes oceânicas e ondas, ainda assim podem acumular resíduos plásticos por causa da deposição na linha de maré alta e da ação de correntes de deriva, justificando assim o maior acúmulo no P22 de microplástico e mesoplástico.

A praia da Gruta (P24) é uma praia de rochas e, por isso, McWilliams, Liboiron e Wiersma (2018) sugerem que, em praias rochosas, diferentes protocolos de amostragem sejam implementados, uma vez que os resíduos podem encontrar-se a maiores profundidades na areia. Em outras palavras, a pesquisa atual corroborou que nos 5cm de profundidade não foram encontrados resíduos plásticos, sendo necessário uma amostragem mais profunda e com réplicas. Essas células de convecção carregando os sedimentos e, portanto, os plásticos, do sul para o norte, podem causar o acúmulo de 11 microplásticos e 6 mesoplásticos no P22.

Na saída sul do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), referente aos pontos P23 e P24 orientados para o oceano aberto, não foram encontrados microplásticos e mesoplásticos, o que pode ser atribuído às correntes de vazante, que são mais fortes do que as correntes de inundação, tanto na superfície quanto no fundo, levando a um transporte sedimentar em direção ao mar (NOERNBERG et al., 2007; MAYERLE et. al., 2015) a remoção de sedimentos em direção ao oceano acaba levando os MPs e mesoplásticos.

Por outro lado, as praias intermediárias mostraram um número maior de pontos amostrais com retenção de MP em pequenas partículas de partículas, correspondendo a P01, P02, P03, P04, P05, P15, P16 e P18. Dos 8 pontos amostrais, 7 apresentaram Mp ou mesoplástico em suas amostras, enquanto no P17 não se encontrou nenhuma partícula na amostra. Um elemento que pode causar a fuga de

ocorrência de plásticos no P 15 e a ausência no P 17 é que no istmo da Ilha do Mel há uma contribuição relevante de transporte de sedimentos na direção ao canal adjacente (PARANHOS, 1996). Essa dinâmica pode estar relacionada a processos de erosão e à movimentação de correntes locais que levam os sedimentos para longe da costa em direção ao oceano (PARANHOS, 1996).

Já as praias estuarinas que são P6, P07, P08, P09, P10, P11, P12, P13, P14, P17, P21 E P25, dos 12 pontos amostrais, 8 tiveram partículas de MP ou mesoplásticos, sendo ao todo 8 microplásticos e 5 mesoplásticos. Esses pontos são classificados como dissipativa e estuarina em razão da sua baixa energia e da presença de sedimentos mais finos. A configuração geográfica e a orientação para o leste salvagam essa praia das ondas de alta intensidade e acabam favorecendo a deposição de microplásticos junto aos sedimentos (SILVA et al., 2012). Entretanto, não condiz com a realidade deste estudo, pois as praias intermediárias de 8 pontos amostrais, tiveram partículas em 7 pontos. E somando tiveram 10 mesoplásticos e 7 mp.

Ademais, a dinâmica de acúmulo de microplásticos e mesoplásticos varia de acordo com o tipo de praia e suas características geomorfológicas. As praias dissipativas, com ampla zona de surf e sedimentos finos, tendem a reter mais microplásticos devido à alta capacidade de incorporação dos sedimentos (Wright & Short, 1984). Exemplo disso são as praias voltadas para dentro do estuário, como a praia de Encantadas (P25), em razão da sua baixa energia e da presença de sedimentos mais finos. A sua configuração geográfica e a orientação para o leste salvagam essa praia das ondas de alta intensidade (SILVA et al., 2012).

Já as praias refletivas, com declividade acentuada e sedimentos grossos, apresentam menor capacidade de retenção, pois a energia das ondas promove constante retrabalho e dispersão dos plásticos (KOMAR, 1998; MASSELINK & LI, 2001). Os P19 e P20, são exemplos de praias de características refletivas, ou seja, tem ondas de grande energia, sedimentos mais grossos e uma faixa de surfe estreita. A direção voltada para o Oceano Atlântico leva essas praias a serem impactadas diretamente pelas ondas, resultando em uma forte inclinação e um perfil reflexivo

característico, retrabalhando e distribuindo constantemente os resíduos de mp e mesoplásticos do local.

As praias intermediárias mostram uma combinação de características, formando zonas de acúmulo temporário de microplásticos devido às complexas interações entre barras arenosas e correntes de retorno (Short, 1999). Por exemplo os P15 e 17, que seriam a Praia do Istmo (P17) e a Ponta do Istmo (P15), sua posição exposta e as variações de energia das ondas durante o ano resultam em uma combinação de sedimentos e barras subaquáticas (Gomes & Ferreira, 2008). Distribuindo regularmente os resíduos plásticos que se acumulam por um curto período neste local. Isso justifica a presença de uma a duas partículas MP e mesoplástico nas praias adjacentes que seguem o mesmo perfil de praia.

Segundo estudo de Alomar, Estarellas e Deudero (2016), as áreas povoadas costumam ter um acúmulo maior de resíduos, por causa do descarte direto e indireto no mar através das águas residuais, redes de esgoto, turismo e escoamento terrestre, ou seja, tendem a ter uma maior concentração em locais urbanizados do que prístinos. Entretanto, a Ilha do Mel – PR é caracterizada predominantemente por praias naturais, devido ao seu baixo nível de urbanização e proteção ambiental significativa. Ela se enquadra como uma área de preservação, com restrições para construções e disposições, e sua ocupação é limitada a algumas pequenas vilas (Brasília e Encantadas), enquanto a maior parte da ilha permanece sem edificações

A Praia de Brasília (P17), Praia das Encantadas (P25), Praia da Gruta (P24), Praia de Fora (P19), Praia do Farol (P18) e Praia Grande (P20) são as praias mais frequentadas da Ilha do Mel, por serem pontos turísticos de mais fácil acesso e com pousadas, restaurantes e bares próximos, então a baixa presença ou falta de MP e mesoplásticos nesses ambientes também sofre influência direta de são o pisoteio e a limpeza da areia pelos órgãos públicos, que acarretam o soterramento e a remoção dos MPs Pianowski (1997). Hirata et al. (2017) também menciona que em áreas menos acessíveis ao público, um exemplo é a Praia do Miguel (P22), não ocorre o soterramento dos MPs e por isso são encontrados com maior frequência. Portanto, o soterramento e as limpezas da praia podem ser um fator negativo para analisar as

concentrações de MP no sedimento de praias em áreas urbanizadas, pois a deposição dessas partículas na preamar e na base das dunas não será avaliada caso a coleta seja realizada posteriormente à limpeza e ao uso da praia.

A praia das Encantadas foi o último ponto amostral, coletado próximo ao trapiche com diversos comércios no local, teve a presença de 2 mesoplásticos, sendo um fragmento de film prateado e uma bituca de cigarro. A União Europeia declarou bitucas de cigarro, num grupo de 10 plásticos de uso único e poluidores do meio ambiente, tendo sua fragmentação acelerada ao estar em um ambiente costeiro, exposto ao sol e umidade elevada todos os dias, gerando partículas de microplásticos. E no P09, teve a presença de uma mesoplástico de fibra, que geralmente está atrelada a atividades de aquicultura e pesca artesanal, e próximo a esse ponto se tem uma vila de pescadores. E os MP de tinta, no P03 e P18 são relacionados na literatura por estarem vinculadas a atividades de pesca, portuárias e manutenção de estruturas metálicas.

A análise morfológica dos microplásticos mostra a presença de uma maior quantidade de fragmentos, seguida por pellets, com menor frequência de fibras, filmes e espumas. A presença notável de fragmentos pode estar relacionada ao processo contínuo de desintegração de plásticos maiores, causada pela exposição a fatores ambientais como radiação solar, salinidade e ação mecânica das ondas. Fragmentos de plásticos rígidos são frequentemente vistos como o morfotipo dominante nas praias, sendo principalmente relacionados a regiões com elevada flutuação de resíduos de meso e microplásticos, resultantes da má gestão de resíduos sólidos e localizadas próximas a áreas urbanas ou rios antropizados com desague no mar.

Costa et al. (2010) e Falcão e Souza (2014) apontam que a proximidade de zonas portuárias pode influenciar na dispersão e distribuição superficial de pellets plásticos nas praias. Esses grânulos, provenientes de portos ou efluentes industriais, ao serem lançados no oceano, podem ser transportados por grandes distâncias e se acumular em locais afastados de sua fonte original (Manzano, 2009; Hirata et al., 2017).

Dessa forma, os pontos de amostragem P1, P3, P20 e P22 na Ilha do Mel podem ter como fonte contaminante o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), devido à proximidade com os portos e ao canal da Galheta, principal via de acesso marítimo para a navegação nos portos do CEP e seu transporte, mesmo que os pellets tenham sido encontrados em baixa quantidade, a sua presença já indica contaminação por via portuária, geralmente os pellets são utilizados em limpeza de tanques de lastro pelo seu baixo valor comercial. O P22 e P20 são os mais próximos do canal navegável da Galheta, e sua presença nos P03 e P01 são em virtude do transporte de sul para norte. Anteriormente Mengatto e Nagai (2022), já tinham reportado a presença de pellets na Área de Proteção de Guaraqueçaba, e também reforçam que esse mp primário (pellets) pode ser proveniente de atividades portuárias envolvendo o CEP e o transporte.

Entretanto, quando os microplásticos e mesoplásticos alcançam as águas costeiras externas à foz do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e estão além da influência da variação de maré, essas partículas costumam seguir os padrões de transporte de sedimentos das correntes costeiras. Essas descobertas enfatizam a possível função do CEP como um meio de propagação de resíduos plásticos.

7. CONCLUSÃO

Conclui-se que mesmo a granulometria da Ilha do Mel na parte da linha de deixa da maré mais alta é de areias finas em sua maioria que podem favorecer esse depósito de MP e mesoplástico, é o conjunto de fatores que determinam em sua maioria esse depósito, sendo a hidrodinâmica do local, frequência, velocidade e direção do vento, direção e força das ondas, maré, correntes, influências antrópicas e geomorfologia da ilha do mel.

Mesmo a Ilha do Mel – PR apresentando microplásticos e mesoplásticos em praias com granulometria parecidas, e hidrodinâmica diferentes de acordo com sua localização pela influência das desembocaduras, praia de estuário ou oceânicas, turismo prevalecendo na temporada (dezembro a março), é necessário um estudo de com uma malha amostral nas 4 zonas do perfil praial, e ao menos 2 coletas por estação do ano, e com profundidade de até 20cm para suprir a demanda de uma amostragem mais profunda em lugares como a Praia da Gruta que pelo seu perfil

rochoso as amostragens de apenas 5cm superficiais podem acabar maquiando a amostragem.

Levar em consideração os eventos de alta energia durante o período de amostragem, dragagem do canal e turismo. Pois eles influenciam diretamente no acúmulo ou retirada dos sedimentos mais finos que auxiliam na presença de mp e mesoplásticos, e buscar locais de amostragem longe de áreas onde se tem trilhas ou fácil acesso, pois a areia vai ser soterrada e acaba interferindo no que seriam os 5cm superficiais.

Esses achados reforçam a necessidade de estudos morfodinâmicos detalhados e estratégias de gestão específicas para cada tipo de praia, priorizando a mitigação da poluição em áreas mais vulneráveis e o monitoramento das dinâmicas naturais de transporte de resíduos plásticos (MUEHE, 1995; ALBUQUERQUE et al., 2009).

REFERÊNCIAS

Alimar, C.; Estarellas, F. & Deudero, S. (2016). Microplastics in the Mediterranean Sea: deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. **Marine Environmental Research**, 115, 1-10.

Alimi, O. S., Farner Budarz, J., Hernandez, L. M., & Tufenkji, N. (2018). Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: Aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport. **Environmental Science & Technology**, 52, 1704-1724. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05559>.

Allen, G. P., Salomon, J. C., Bassouler, P., De Penhoat, Y., & De Grandpe, C. (1980). Effects of tides on mixing and suspended sediment transport in macrotidal estuaries. **Sedimentary Geology**, 26, 69-90.

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. **Marine Pollution Bulletin**, 119, 12-22.

Antunes, J., Frias, J., & Sobral, P. (2018). Microplastics on the Portuguese coast. **Marine Pollution Bulletin**, 131, 294-302.

Artham, T., Sudhakar, M., Venkatesan, R., et al. (2009). Biofouling and stability of synthetic polymers in seawater. **International Biodeterioration and Biodegradation**, 63, 884-890.

Ashton, K., Holmes, L., & Turner, A. (2010). Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, 60, 2050-2055.

Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2014). Transport of persistent pollutants by microplastics in estuarine conditions. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 140, 14-21.

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, 364(1526), 1985-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>

Bastos, A. C., Quaresma, V. S., Dalmaschio, R. G., Carmo, S. P. M., Lima, B., & Pozzi, F. (2007). Dinâmica Sedimentar e Morfologia de Fundo do Sistema Estuarino de Vitória, ES. In **Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**, Belém: ABEQUA.

Bigarella, J. J., Becker, R. D., Matos, D. J., & Werner, A. (1978). A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento, Governo do Paraná.

Boucher, J., & Friot, D. (2017). Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources. International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.

Braga, E. S., Lucena, L. M., Almeida, A. J. M., Pires, M. L. T., Nascimento, J. E. F. do., Sutti, B. O., Berbel, G. B. B., & Chiozzini, V. G.. (2023). O ambiente estuarino e a variação de ph: limites naturais e observação experimental do efeito da acidificação sobre a biodisponibilidade de fósforo. *Química Nova*, 46(6), 591–607. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230054>

Brenneche, D., Duarte, B., Paiva, F., et al. (2016). Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 178, 189-195.

Browne, M. A., Galloway, T. S., & Thompson, R. C. (2010). Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines. **Environmental Science & Technology**, 44, 3404-3409.

BRUEN, Andrew P. *The Cambridge Handbook of Information Technology, Life Sciences and Health*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: https://assets.cambridge.org/97811088/38252/frontmatter/9781108838252_frontmatter.pdf. Acesso em: 1 dez. 2024.

Cameron, W. M., & Pritchard, D. W. (1963). Estuaries. In Hill, M. N. (Ed.). **The Sea** (pp. 306-332). New York: Wiley Interscience.

Carmo, D. A. (2006). Aplicação do modelo de tendências granulométricas (GSTA) para determinação do padrão de transporte de sedimentos na Baía do Espírito Santo, Vitória - ES. Monografia, Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

Carpenter, E. J., & Smith Junior, K. L. (1972). Plastics on the Sargasso Sea. **Science**, 175(4027), 1240-1241. <http://dx.doi.org/10.1126/science.175.4027.1240>.

Carvalho, N. O., Salgado, J. C. M., Ross, J., Ruiz, N. C. P., Silva, L. F. A., Mesquita, J. B., Goulart Netto, A. A., & Silva, L. P. (2005). Revisão dos estudos sedimentológicos do Rio Madeira e Mamoré, RO. In **XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, João Pessoa, PB.

Carvalho, N. O. (2008). **Hidrossedimentologia Prática** (2ª ed.). Rio de Janeiro: Interciência.

Chubarenko, I., Bagaev, A., Zobkov, M., & Esiukova, E. (2016). On some physical and dynamical properties of microplastics particles in marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, 108, 105-112.

Christofoletti, S. R., & Moreno, M. M. T. (2017). Granulometria por difração a laser e sua relação com a faciologia das rochas argilosas da Formação Corumbataí-SP. **Cerâmica**, 63(367), 303-310. <https://doi.org/10.1590/0366-69132017633672096>.

Clark, R. B. (2001). **Marine Pollution** (5ª ed.). Oxford: University Press.

Corrêa, L. S., Silveira, T. F., Rocha, C. M., & Maffessoni, D. (2021). Microplásticos nas águas do estuário Tramandaí - Armazém, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil e relação com a qualidade da água. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, 18, e10. <https://doi.org/10.21168/rega.v18e10>

Cousteau, J.-Y. (1984). **Enciclopédia dos mares**. Rio de Janeiro: Salvat Editora do Brasil LTDA.

Critchell, K., Hamann, M., Wildermann, N., & Grech, A. (2019). Prevendo a exposição de espécies costeiras à poluição plástica em um arquipélago insular complexo. *Poluição ambiental*, 252 Pt B, 982-991. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.06.031>

Dalrymple, R. W., Zaitlin, B. A., & Boyd, R. (1992). Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Research**, 62(6), 1130-1146.

Dias, JM; Pereira, F.; Picado, A.; Lopes, CL; Pinheiro, JP; Lopes, SM; Pinho, PG Um Estudo Abrangente de Hidrodinâmica-Salinidade Estuarina: Impacto das Alterações Morfológicas na Ria de Aveiro (Costa Atlântica de Portugal). *J. Mar. Eng.* 2021, 9, 234. <https://doi.org/10.3390/jmse9020234>

Dias, R. L., & Oliveira, R. C. (2013). Zoneamento geoambiental do litoral sul do Estado de São Paulo. **Geografia**, 38(2), 371-383.

Dyer, K. R. (1995). Sediment transport processes in estuaries. In Perillo, G. M. E. (Ed.), **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries** (pp. 423-449). Elsevier.

Elliott, Michael & McLusky, D.S. (2002). The Need for Definitions in Understanding Estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 55. 815-827. 10.1006/ecss.2002.1031.

Endo, S., Takizawa, R., Okuda, K., Takada, H., Chiba, K., Kanehiro, H., Ogi, H., Yamashita, R., & Date, T. (2005). Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. **Marine Pollution Bulletin**, 50, 1103-1114.

Fairbridge, R. W. (1980). The estuarine: Its definition and geodynamic cycle. In Olausson, E. & Cato, E. (Eds.), **Chemistry and Biogeochemistry of estuaries** (pp. 1-35). New York: John Wiley and Sons.

Fernandes, A. et al. Dos estuários e das propriedades gerais dos espaços estuarinos. XI ed. Porto: Congresso da Geografia Portuguesa, 2017. 293-296 p.

Fisner, M., Taniguchi, S., Majer, A. P., et al. (2013). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets: Variability in the concentration and composition at different sediment depths in a sandy beaches. **Marine Pollution Bulletin**, 76, 349-354.

Flotemersch, J. E., Leibowitz, S. G., Hill, R. A., Stoddard, J. L., Thoms, M. C., & Tharme, R. E. (2015). A Watershed Integrity Definition and Assessment Approach to Support Strategic Management of Watersheds. **River Research And Applications**, 32(7), 1654-1671.

Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, 27 (1), 3-26.

Frias, J. P. G. L., Sobral, P., & Ferreira, A. M. (2010). Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. **Marine Pollution Bulletin**, 60, 1988-1992.

Frias, J. P. G. L., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. **Marine Pollution Bulletin**, 138, 145-147.

Galgani, F., Pham, C. K., & Reisser, J. (2017). Editorial: Plastic Pollution. **Frontiers in Marine Science**, 4, 307.

Gimiliani, G. T. (2021). Caracterização de microplásticos em amostras marinhas e estuarinas. **Tese de Doutorado**, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/>

Geyer, WR, & MacCready, P. (2014). The estuarine circulation . *Annual Review of Fluid Mechanics* , 46, 175–197.

Guo, Y. Hidrodinâmica em Estuários e Costa: Análise e Modelagem. *Water* 2022, 14 , 1478. <https://doi.org/10.3390/w14091478>

Guimarães, V. P. (2016). Combate à chegada de resíduos plásticos em corpos d'água do Distrito Federal: Consolidação dos primeiros passos para uma intervenção mais efetiva. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção), Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/29686/1/2021_VitoriaPenteadoGuimaraes_tcc.pdf

Hatzonikolakis, Y., Giakoumi, S., Raitzos, D., Tsiaras, K., Kalaroni, S., Triantaphyllidis, G., & Triantafyllou, G. (2022). Quantificação da poluição plástica transfronteiriça em áreas marinhas protegidas no Mar Mediterrâneo., 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.762235>.

Harris, P., Westerveld, L., Nyberg, B., Maes, T., Macmillan-Lawler, M., & Appelquist, L. (2021). Exposição de ambientes costeiros à poluição plástica de origem fluvial. *The Science of the total environment*, 769, 145222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145222>.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46, 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2011). *Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil*. ISBN 9788524042195.

Instituto Água e Terra (IAT). (2020). *Estudo de impacto ambiental: Complexo Estuarino de Paranaguá e Baía de Guaratuba – Encarte 3: Caracterização Ambiental – Ilha do Mel*. Curitiba, PR: IAT. https://www.iat.pr.gov.br/s/agua-terra/arquivos_restri/arquivos/doc/2020--07/ee-ilha.pdf

Ivar do Sul, J. A., Spengler, A., & Costa, M. F. (2009). Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1236-1238. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.05.004>

Ivleva, N. P., Wiesheu, A. C., & Niessner, R. (2017). Microplastic in aquatic ecosystems. *Angewandte Chemie International Edition*, 56(7), 1720-1739.

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., et al. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 768-771.

Jucá, J. F., Lopes, F. S., & Silva, A. A. (2014). Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no

Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. *Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE*. DOI: 10.13140/2.1.3547.8082.

Kawakubo, F. S., Luchiari, A., & Morato, R. G. (2003). Análise comparativa das imagens TM/LANDSAT 5 e HRV-SPOT no mapeamento da cobertura vegetal no litoral sul do estado de São Paulo. *Geografia*, 28(2), 279-289.

Kjerfve, B., & Magill, K. E. (1989). Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology*, 88, 187-199. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(89\)90097-2](https://doi.org/10.1016/0025-3227(89)90097-2)

Knoppers, B. A., Brandini, F. P., & Thamm, C. A. (1987). Ecological studies in the bay of Paranaguá. II. Some physical and chemical characteristics. *Nerítica*, Curitiba, 2, 1-36.

Korotcenkov, G. (2020). *Handbook of humidity measurement – Methods, materials and technologies. Volume 3: Sensing materials and technologies*. CRC Press.

Lana, P. C., Marone, E., Lopes, R. M., & Machado, E. C. (2000). The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In Seeliger, U., & Kjerfve, B. (Eds.), *Ecological Studies: Coastal Marine Ecosystems of Latin America* (pp. 131-145). Springer-Verlag.

Leder, M. (1982). *Sedimentologia*. George Allen & Unwin.

Lima, R. M. F. L., & José, A. M. (2001). Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes. *Rem: Revista Escola de Minas*, 54(2), 155-159. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672001000200014>

Manzano, A. B. (2009). Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil.

Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 124 p.

Mathalon, A., & Hill, P. (2014). Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. **Marine Pollution Bulletin**, 81(1), 69-79.

Mayerle, R., Narayanan, R., Etri, T., & Abd Wahab, A. K. (2015). A case study of sediment transport in the Paranagua Estuary Complex in Brazil. **Ocean Engineering**, 106, 161-174. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.06.025>

McDermid, K. J., & McMullen, T. L. (2004). Small-plastic debris on Hawaiian beaches. **Marine Pollution Bulletin**, 48(7-8), 790-794.

McLachlan, A., & Brown, A. C. (2006). **The ecology of sandy shores**. Academic Press.

Mesquita, Y. W. (2022). Microplásticos em praias arenosas da América Latina e do Caribe: onde, como e fatores de controle de sua distribuição [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/81554>

Miranda, LB, Castro, BM e Kjerfve, B. (2003). *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. São Paulo: Edusp.

Montagner, C. C., Dias, M. A., Paiva, E. M., & Vidal, C. (2021). Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**, 44(10), 1328-1352. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>

Moore, C. J., & Clarke, C. (2002). Distribution and transport of marine debris in estuarine systems. **Marine Pollution Bulletin**, 44(9), 800-808.

Muehe, D., Schettini, CAF, & Almeida, LES de. (2012). Relações morfodinâmicas em praias arenosas e transportes costeiros. *Anais da Associação*

Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA). Obtido em https://www.abequa.org.br/anais/Relacoes_morfodin.pdf

Muehe, Dieter. Morfodinâmica de praias arenosas. In: Sousa, João; Silva, Maria (Orgs.). Processos costeiros e de erosão nas zonas costeiras brasileiras. Rio de Janeiro: UFRJ, 2018. p. 45-60.

Nagai, R. H., Mesquita, Y. W., Alvarenga, A., Massignani, C. C. V. N., & Nascimento, A. B. T. (2024). First report of plastic biomedica contamination in Brazilian beaches - evidence from the Paraná coast. **Ocean and Coastal Research**, 72, e24025. <https://doi.org/10.1590/2675-2824072.23134>

Noernberg, M. A., et al. (2004). Erosão na desembocadura ao sul da Baía de Paranaguá e sua relação com o assoreamento do Canal da Galheta. **Anais do Congresso Brasileiro de Oceanografia**.

Odum, EP (2001). *Ecologia: Bases Fundamentais*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Officer, CB (1976). *Physical Oceanography of Estuaries (and Associated Coastal Waters)*. Wiley-Interscience.

Paranhos Filho, A. C. (1996). O processo erosivo e as variações morfodinâmicas praias na Ilha do Mel (Baía de Paranaguá - PR). **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Paraná.

Perillo, G. M. E. (1995). Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. In **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries** (pp. 17-47). Elsevier.

Pritchard, DW (1952). Distribuição e circulação de salinidade no sistema estuarino da Baía de Chesapeake. *Journal of Marine Research*, 11(2), 106–123.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). *Da Poluição à Solução: Uma avaliação global do lixo marinho e da poluição plástica*. Relatório detalhado sobre a magnitude e os impactos dos microplásticos nos ecossistemas marinhos, com ênfase nos riscos físicos e químicos associados. Disponível em: PNUMA

Rocha, L. F., & Souza, J. R. (2013). Turismo e impactos socioambientais: o caso da Ilha do Mel, Paraná. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, 6(4), 551-570.

Roy, P., Mohanty, AK, & Misra, M. (2022). *Microplásticos em ecossistemas: suas implicações e caminhos de mitigação*. *Ciência Ambiental: Avanços*, 1

Senko, J., Nelms, S., Reavis, J., Witherington, B., Godley, B., & Wallace, B. (2020). Compreendendo os efeitos individuais e populacionais da poluição plástica na megafauna marinha. *Endangered Species Research*, 43, 234-252. <https://doi.org/10.3354/esr01064>.

Short, A. D. (1996). The role of wave height, period, and direction in beach morphodynamics. **Marine Geology**, 123(1-4), 23-37.

Silva, D. B. (2016). Spatial distribution, input and dispersion of plastic pellets in coastal zones. **Tese de Doutorado**, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 156 p.

Silva, R. P., Castro, B. M., & Tessler, M. G. (2012). Influência da orientação costeira na energia das ondas e transporte sedimentar na Ilha do Mel, PR. **Boletim de Geografia**, 30(2), 127-138.

Sousa, P. H., Oliveira, R. A., & Silva, C. R. (2013). Avaliação das características morfodinâmicas e sedimentológicas da Praia de Fora, Ilha do Mel-PR. **Anais do XVI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**.

Sperb, M. P. & Telles, D. H. Q. (2014). Gestão de resíduos sólidos e turismo: o tratamento dado pelos meios de hospedagem e pelo setor público na Ilha do Mel-PR. *Rosa dos Ventos*, 6, p. 603-622.

Sul, J., & Costa, M. (2016). Riscos de poluição plástica em uma unidade de conservação estuarina., 65, 48 - 53. <https://doi.org/10.2112/SI65-009.1>.

Thushari, G., & Senevirathna, J. (2020). Poluição plástica no ambiente marinho. *Heliyon*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>.

Universidade Federal do Paraná (UFPR). (2010). *Mapa 02 – Localização da Ilha do Mel*. Plano Diretor Ilha do Mel – 2004; Dir<https://d.ufp.br/~edugeo/Pla/P/cd%20/mapa%20pe%20%281%29//mapa%200%20-%20localização%C3%A7%C3%A3o%20da%20ilha%20do%20mel%20%2810%29.pdf>

Vianello, A., et al. (2013). Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 130, 54-61.

Wright, L. D., & Short, A. D. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches. **Marine Geology**, 56(1-4), 93-118.

Wentworth, C. K. (1922). An escale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, 30.

Winterwerp, J. C., & Van Kesteren, W. G. M. (2004). **Introduction to the physics of cohesive sediment in the marine environment**. Elsevier.

Winge, M., et al. (2001-2022). **Glossário Geológico Ilustrado**. Disponível na Internet em 20 de agosto de 2022 no site <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>.

Wolff, D. B., et al. (2016). Resíduos sólidos em um sistema de drenagem urbana no município de Santa Maria (RS). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 21(1), 151-158. <https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100132089>.

Yang, L., et al. (2021). Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. **Science of the Total Environment**, 780, 146546.

Zaitlin, B. A., & Dalrymple, R. W. (1992). Estuarine facies models: Conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Research**, 62(6), 1130-1146.