

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL - UERGS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, ÊNFASE EM BIOLOGIA
MARINHA**

LAURA STEFFEN CORRÊA

**AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA SOBRE A PRESENÇA DE
MICROPLÁSTICO NO SEDIMENTO ARENOSO NAS PRAIAS DE IMBÉ E
TRAMANDAÍ - RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

**OSÓRIO
2022**

LAURA STEFFEN CORRÊA

**AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA SOBRE A PRESENÇA DE
MICROPLÁSTICO NO SEDIMENTO ARENOSO NAS PRAIAS DE IMBÉ E
TRAMANDAÍ - RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, ênfase em Biologia Marinha e Costeira na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, convênio Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Profa. Dra. Daiana Maffessoni

OSÓRIO

2022

Catálogo de Publicação na Fonte

C824a Corrêa, Laura Steffen.

Avaliação quali-quantitativa sobre a presença de microplástico no sedimento arenoso nas praias de Imbé e Tramandaí - Rio Grande do Sul, Brasil. / Laura Steffen. Corrêa – Osório, 2022.

42 f.

Orientadora: Profa. Dra. Daiana Maffessoni.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas: ênfase em Biologia Marinha e Costeira, Unidade Litoral Norte - Osório, 2022.

1. Plástico. 2. Microplástico. 3. Poluição. 4. Sedimento. I. Maffessoni, Daiana. II. Título.

LAURA STEFFEN CORRÊA

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA SOBRE A PRESENÇA DE MICROPLÁSTICO NO
SEDIMENTO ARENOSO NAS PRAIAS DE IMBÉ E TRAMANDAÍ - RIO GRANDE
DO SUL, BRASIL**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, ênfase em Biologia Marinha e Costeira na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, convênio Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Profa. Dra. Daiana Maffessoni

Aprovada em: __/__/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr Ênio Lupchinski Junior
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Prof. Dr Gerson Fernandino de Andrade Neto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profª Drª Ester Wolff Loitzenbauer
Coordenadora da atividade
Trabalho de conclusão II – CBM

OSÓRIO

2022

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre me deram todo o suporte do mundo, sempre me apoiando em todas as minhas decisões precipitadas, mudando completamente a vida para poder me acompanhar nessa longa jornada que foi a faculdade. Essa conquista também é de vocês!

Aos meus avós, que sempre acreditaram em mim, sempre estiveram na torcida pelo meu futuro do jeito que eu sempre quis.

Aos meus tios, que vibram com cada conquista minha nessa vida.

Ao meu namorado, que passou esses anos me ajudando e me incentivando a superar todas as dificuldades.

Aos meus dindos que estavam comigo neste momento, seja de perto ou de longe, sempre me apoiando e torcendo por mim, muito obrigada, Dinda Josi, Dinda Márcia, Dindo Quik e Dindo Billy.

Um agradecimento em especial à minha orientadora, Prof. Dra Daiana Maffessoni, que acreditou em mim quando nem eu mesma acreditava e estava me sentindo completamente perdida na vida acadêmica. Obrigada, Dai! Tu me mostrastes que tudo valeu a pena. És uma baita professora, e orientadora de milhões.

Aos meus amigos e colegas da turma 10, que faziam dos meus dias na universidade, dias mais felizes.

Agradeço também as Universidades e aos professores pela troca de conhecimento nesta fase única da minha vida.

RESUMO

Os Microplásticos (MP) estão presentes nas praias, nas águas superficiais, em toda a coluna de água e nos sedimentos; até mesmo nos ambientes marinhos mais remotos e isso é acarretado pela alta produção e uso em grande escala de materiais plásticos, somado às práticas inadequadas de gestão de resíduos e pelo seu descarte incorreto em terra e/ou no mar, seja ele de forma intencional ou não. A poluição por MP nos oceanos, que são fragmentos de plástico inferiores a 5 mm, é um problema ambiental marinho onipresente. Os MP podem ser classificados em primários (esférulas de produção de plástico virgem), os quais chegam ao ambiente marinho pela perda durante a sua cadeia produtiva e através do despejo de águas residuais; e secundários (fragmentos de plástico), que são resultado da fragmentação de plásticos maiores, devido ao processo de degradação físico-química. Dentre os MP secundários, há as microfibras plásticas sendo identificadas em ambientes aquáticos, sendo provenientes de diversas origens como da fragmentação de materiais de pesca ou até mesmo pela lavagem de roupas. Este estudo buscou avaliar quantitativamente os MP, caracterizar quais os tipos de plástico (fragmentos, *pellets* e fibra) predominam e se fatores ambientais interferem na quantidade de MP em duas praias arenosas do Litoral Norte do Rio Grande do Sul: Tramandaí e Imbé. Durante as quatro estações do ano, foram utilizados quadrantes para demarcar a área de onde os MP foram amostrados, sendo dois pontos de cada praia, na linha de maré e no início dunas. No total, coletaram-se 278 MP, sendo 185 unidades (un) de fragmentos, 63 un de fibras e 30 un de *pellets*. A praia que apresentou maiores quantidades de MP foi Tramandaí com 151 un, seguida por Imbé com 128 un, entretanto, não há diferença estatística de deposição entre as praias amostradas. A deposição média na linha de maré e na região das dunas foi similar. Em relação às estações do ano, a presença de MP ocorre ao longo do ano todo e é permanente nas duas praias. O outono foi a estação que teve maior acúmulo de microplásticos justamente pelo mar estar mais agitado e pela ocorrência do Ciclone Yakecan. Fatores como a ação dos ventos, a energia e altura das ondas, a dinâmica praiial, a influência da água estuarina bem como a circulação oceânica e as correntes, atuam em conjunto no aporte e na dinâmica de MP nas praias. Com isso, os resultados apresentados evidenciam a problemática relacionada aos microplásticos no sedimento de praias. Seriam necessários maiores estudos relacionados à morfologia praiial e condições oceanográficas para uma melhor

compreensão da deposição de MP no sedimento arenoso durante as quatro estações do ano e também durante a passagem de eventos climáticos pela região.

Palavras-chave: Plástico; Microplástico; Poluição; Sedimento.

ABSTRACT

Microplastics (MP) are present on beaches, in surface waters, throughout the water column and in sediments, even in the most remote marine environments and this is caused by the high production and large-scale use of plastic materials, added to inadequate practices of waste management and its incorrect disposal on land and/or at sea, whether intentionally or not. Pollution by MP in the oceans, which are pieces of plastic smaller than 5 mm, is a ubiquitous marine environmental problem. MP can be classified as primary (spherules from virgin plastic production), which reach the marine environment through loss during their production chain and through the dumping of wastewater; and secondary (pieces of plastic), which are the result of the fragmentation of larger plastics, due to the physical-chemical degradation process. Among the secondary MP, there are plastic microfibers being identified in aquatic environments, coming from different origins such as the fragmentation of fishing materials. This study sought to quantitatively evaluate MP, characterize which types of plastic (fragments, pellets and fibers) predominate and whether environmental factors interfere with the amount of MP in two sandy beaches on the northern coast of Rio Grande do Sul, with estuarine influence: Tramandaí and Imbé. During the 4 seasons of the year, quadrants were collected at two points on each beach, at the tide line and at the base of the dunes. In total, 278 MP were collected, being 185 units (un) of fragments, 63 units of fibers and 30 units of pellets. The beach that presented the highest amounts of MP was Tramandaí with 151 un, followed by Imbé with 128 un, however, there is no difference in deposition between the beaches sampled. The mean deposition in the strandline and in the dune region was similar. Regarding the seasons, the presence of MP occurs throughout the year and is permanent on both beaches. Autumn was the season that had the highest accumulation of microplastics precisely because the sea was more agitated and the occurrence of the Yakecan cyclone. Factors such as the action of the winds, the energy and height of the waves, the beach dynamics, the influence of the estuarine water as well as the oceanic circulation and the currents, act together in the contribution of MP in the beaches. Thus, the results presented show the problem related to microplastics in beach sediment. Further studies related to beach morphology and oceanographic conditions would be necessary for a better understanding of the deposition of PM in the sandy sediment during the four seasons of the year and also during the passage of climatic events in the region.

Keywords: Plastic; Microplastic; Pollution; Sediment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da localização dos pontos de coleta nas praias de Imbé e Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil.....	22
Figura 2 - Marcação do quadrante no sedimento e retirada dos centímetros iniciais de areia com o auxílio de uma pá.	23
Figura 3 – Amostras sendo peneiradas em campo.	23
Figura 4 - Amostras dispostas em bacia para a secagem do sedimento.	24
Figura 5 - Separação e classificação dos MP em fibras, <i>pellets</i> e fragmentos, respectivamente	24
Figura 6- Quantidade de microplásticos encontrados nos sedimentos das praias: a) totais; b) média.....	25
Figura 7- Fragmentos, fibras e <i>pellets</i> encontradas nas praias de Tramandaí e Imbé: a) totais; b) média.....	27
Figura 8- Quantidade de fragmentos, <i>pellets</i> e fibras encontrados na linha de maré e nas dunas: a) totais; b) médias	28
Figura 9- Distribuição dos MP nas duas praias durante as quatro estações do ano.	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.2 PLÁSTICO E MEIO AMBIENTE	15
2.3 MICROPLÁSTICOS.....	17
2.4 AMBIENTE ESTUARINO	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO	21
3.2 COLETA DAS AMOSTRAS.....	22
3.3 ANÁLISE DE DADOS.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA	25
4.2 INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE.....	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34

1. INTRODUÇÃO

A palavra “plástico” é definida como a subcategoria de uma classe de materiais orgânicos sintéticos poliméricos e possui origem grega (*plastikós*) que tem como significado aquilo que pode ser moldado. No ano de 1970, pedaços pequenos desse material foram encontrados flutuando na superfície do oceano e obtiveram relato científico, sendo descritos pela primeira vez (CARPENTER & SMITH JR, 1972).

Os fragmentos plásticos estão presentes nas praias, nas águas superficiais, em toda a coluna de água e nos sedimentos, até nos ambientes marinhos mais remotos e isso é acarretado pela sua alta produção e uso em grande escala, somado à práticas inadequadas de gestão de resíduos e pelo seu descarte incorreto em terra e/ou no mar, seja ele de forma intencional ou não. Estes pequenos fragmentos, denominados microplásticos (MP), possuem tamanho menor do que 5 mm, conforme definido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) - Administração Nacional Atmosférica e Oceânica (LIPPIATT *et al.*, 2013); os quais podem ser classificados em primários (esférulas de produção de plástico virgem) e secundários (resultantes da quebra de material plástico de tamanho maior) (GESAMP, 2015).

O sedimento de praias e de águas profundas são importantes sumidouros de microplásticos a longo prazo (CÓZAR *et al.*; 2014), e sua tendência é acumular este material no ambiente (BROWNE, 2010). Falcão e Souza (2014) em observações de campo em praias do litoral paulista constataram que o transporte hidrodinâmico e eólico está diretamente associado às concentrações frequentes de *pellets* no sedimento das praias e a distribuição espacial é influenciada pela morfodinâmica praial e pelas marés meteorológicas (ressacas). Além disso, as zonas de maior concentração estão associadas à proximidade de possíveis fontes emissoras, como as regiões portuárias; local esse em que os grânulos plásticos são transportados, rotas comerciais e áreas urbanas (BARNES *et al.*, 2009).

Após a entrada dos plásticos nos oceanos, a dinâmica sedimentar e a energia no ambiente costeiro, que inclui as forças de ventos, marés, ondas e correntes ao longo da costa, contribuem para a sua dispersão, transportando-os por longos períodos e para longe da sua fonte de origem (FALCÃO e SOUZA, 2014; CRITCHELL e LAMBRECHTS, 2016). Nas regiões costeiras, fatores ambientais

podem influenciar significativamente os padrões de deposição do material nas praias, tais como: a geomorfologia costeira e as ressacas (FALCÃO e SOUZA, 2014; LOZOYA *et al.*, 2016). Somado a isto, o plástico possui uma alta durabilidade, uma difícil degradação e é um material de fácil flutuação, características que facilitam sua dispersão pelo ambiente (MAGALHÃES e ARAÚJO, 2012).

Em regiões costeiras, os movimentos da água causados pelo vento, ondas e marés transportam partículas de sedimento de acordo com seu tamanho, forma e densidade, e esses fatores também influenciam nos padrões de acumulação do plástico, conforme a densidade do material (BROWNE, 2010).

No litoral do Rio Grande do Sul, a primeira identificação de *pellets* no sedimento arenoso ocorreu em 1997 por Pianoviski (1997), na qual a presença das esférulas plásticas na costa foi relacionada, principalmente, a problemas no empacotamento, manuseio e transporte da matéria-prima da indústria plástica.

No Litoral Norte do Rio Grande do Sul há algumas pesquisas avaliando a presença dos microplásticos. O estudo realizado por Schneider e Maffessoni (2021) evidenciou a presença dos MP em sedimentos no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. No estudo, foi quantificada maior quantidade de MP em praia pouco antropizada do que em praias antropizadas.

Dessa forma, evidenciando a fragilidade na zona costeira e marinha, fazendo com que seja de suma importância a preservação desta região, sendo imprescindível maiores estudos para uma melhor compreensão da deposição de MP no sedimento arenoso.

Nos municípios de Imbé e Tramandaí, região costeira nordeste do RS, está localizado o Sistema Estuarino Tramandaí-Armazém, onde ambas as lagunas recebem contribuição de águas doces e salgadas, ocasionando a formação de um ambiente de água salobra (CASTRO & ROCHA, 2016). Esta localidade tem sido afetada pelo crescimento populacional, o qual contribui com a interferência antrópica, especialmente devido ao aglomerado urbano causado pelo turismo, pelos múltiplos usos de suas águas e por ser parte final receptora de águas de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT) que ali deságua, de forma que alguns efeitos se manifestam cumulativamente. Nessa região estuarina, um estudo de Corrêa e colaboradores (2021) apontou a presença de microplásticos nas águas.

Diante do exposto, o presente trabalho pretende avaliar a presença de microplásticos no sedimento arenoso nas praias de Imbé e Tramandaí, localizadas, Ao lado da desembocadura do estuário Tramandaí-Armazém.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a presença de microplásticos no sedimento arenoso em duas praias adjacentes ao Sistema Estuarino Tramandaí-Armazém: Imbé e Tramandaí.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar quali-quantitativamente a presença de *pellets*, fragmentos e fibras na área de estudo;
- Avaliar a influência de fatores ambientais na deposição de microplásticos nos sedimentos;
- Avaliar se a sazonalidade implica em mudança na quantidade de microplásticos encontrados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO COSTEIRA

Os resíduos sólidos são materiais nos estados sólido e semissólido, resultantes de atividades antropogênicas (ABNT, 2004). Uma grande parte destes resíduos sólidos é formada por materiais sintéticos cujos processos de degradação são mais lentos do que aqueles de origem orgânica, o que faz com que este material permaneça por mais tempo no ambiente (ANDRADE-NETO, 2010). Assim, os estudos dos impactos decorrentes da interferência humana possibilitam a demonstração do estado de conservação e o nível de vulnerabilidade dos ambientes.

A zona costeira e o ambiente marinho são áreas extremamente vulneráveis, que sofre diversos impactos ambientais, decorrentes da exploração de seus

recursos naturais e o uso e ocupação do solo nas mais diversas atividades (GRUBER, 2003). Com o surgimento da pandemia da COVID-19, os municípios do Litoral Norte do RS aumentaram sua população em torno de 1,14%, de acordo com o censo do IBGE de 2021, o que ocasionou uma maior produção de resíduos sólidos para a região desde então.

As regiões costeiras que apresentam centros urbanos localizados próximos a baías e estuários são mais vulneráveis ao impacto da poluição (MARQUES JR. *et al.*, 2009). A presença do lixo resulta em danos econômicos e humanos, que acabam por interferir na qualidade estética da praia e causando danos à fauna marinha.

Os resíduos sólidos quando encontrados em ambientes marinhos podem provocar danos aos diversos organismos existentes naqueles locais. De acordo com Andrade-Neto (2010), os organismos marinhos mais atingidos pelos resíduos sólidos são aqueles que tendem a confundi-lo como fonte de alimento. Tartarugas marinhas, mamíferos e aves marinhas podem ingerir esse lixo confundindo-o com suas presas, o que acaba por comprometer o seu sistema digestivo, levando-os possivelmente à morte por inanição, sufocamento ou emaranhamento.

De acordo com Jucá *et al.* (2014), a quantidade de resíduos sólidos gerados em um país está associada ao crescimento da economia, ao nível de urbanização e à evolução da população; o que possibilita que aumente o consumo de novos produtos, levando ao aumento da produção dos mais variados tipos de materiais, que quando disposto incorretamente, podem vir a contaminar o meio ambiente (PEREIRA, 2014; GALGANI, 2017).

2.2 PLÁSTICO E MEIO AMBIENTE

A palavra “plástico” possui origem grega (*plastikós*) e tem como significado aquilo que pode ser moldado e é definida como subcategoria de uma classe de materiais orgânicos sintéticos poliméricos. Os chamados plásticos são muito práticos, este é um dos motivos pelos quais lhes permitiu ingressar na sociedade de consumo, pois eles fazem parte de quase tudo: eles embalam cada um de nossos produtos de consumo, de presentes a alimentos (ELIAS, 2015). Materiais como o aço, a madeira e o vidro, deram lugar ao plástico devido ao seu baixo custo de

produção e peso, além de sua durabilidade, flexibilidade e praticidade (ABIPLAST, 2017).

Presente nas praias, nas águas superficiais, em toda a coluna de água e nos sedimentos, os fragmentos plásticos permearam até os ambientes marinhos mais remotos (IVAR DO SUL *et al.*, 2009) e isso é consequência da desenfreada produção e uso em grande escala de produtos plásticos. A degradação dos plásticos está diretamente ligada às propriedades dos polímeros e às condições químicas, físicas e biológicas aos quais são submetidos ao longo do tempo (UNEP, 2015).

Além disso, o tamanho e a densidade dos materiais plásticos, atuam diretamente na flutuabilidade, sua posição na coluna d'água e a interação com a biota (BROWNE, 2010; WRIGHT *et al.*, 2013; ANDRADY, 2017). Polímeros como o Policloreto de Vinila (PVC), por exemplo, tendem a afundar, devido a sua alta densidade, acumulando-se em sedimentos bentônicos, enquanto que os de menor densidade (Polietileno e Polipropileno) flutuam na coluna de água, podendo viajar a longas distâncias, longe de sua fonte de origem.

No ambiente marinho, o plástico está exposto na superfície das praias, e sua degradação é iniciada pela radiação solar ultravioleta, ainda assim o prazo para degradação de um material plástico não é bem definido, levando-se em consideração a quantidade e a diversidade de aditivos que são adicionados aos polímeros. Entretanto, quando o material encontra-se flutuando ou afundado na água, sua degradação é severamente retardada. Isto se dá em função das baixas temperaturas e diminuída concentração de oxigênio, que é pior em zonas mais profundas. Contudo, a desaceleração da degradação também ocorre em função da incrustação de pequenas colônias e organismos que protegem o material das intempéries e, eventualmente, acarretam no seu afundamento (ANDRADY, 2011). De acordo com o autor, o que ocorre é que quando existe a colonização de organismos e a incrustação biológica na superfície do plástico, isso possibilita o seu aumento de massa, e conseqüentemente, o material irá afundar até o sedimento do fundo. Sua densidade alterada, ocasionada pela degradação e fragmentação também são fatores que modificam a distribuição do plástico na coluna de água (AVIO *et al.*, 2016).

2.3 MICROPLÁSTICOS

A poluição marinha por partículas de plástico inferiores a 5 mm, denominadas de microplásticos, conforme definido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) - Administração Nacional Atmosférica e Oceânica, é reconhecida como um problema ambiental marinho onipresente. Estudos acerca desta temática estão sendo desenvolvidos em todo o mundo, em diversas áreas.

Os microplásticos podem ser divididos em microplásticos primários e secundários. Microplásticos primários abrangem os microplásticos fabricados para aplicações de caráter microscópicas tais como os utilizados em pastas de dentes, protetores solares, esfoliantes, tinta para cabelo, desodorante e esmalte, e também abrangem o plástico virgem, chamados de *pellets* (usado na indústria de plásticos na fabricação de produtos plásticos), enquanto que os microplásticos secundários compreendem detritos maiores que foram sendo quebrados através de processos físicos, químicos e biológicos, até se apresentarem como pequenos fragmentos (FENDALL & SEWELL, 2009; CASTANEDA *et al.*, 2014). Como microplásticos secundários temos também a fibra, que está entre os tipos mais comuns de resíduos microplásticos encontrados no ambiente natural. A presença destas microfibras plásticas está diretamente ligada a fragmentação de equipamentos marítimos, como por exemplo, cordas e redes (COLE *et al.*, 2016).

Os MP são comumente estudados em relação a amostras de plâncton (COLE *et al.*, 2016), sedimento de praias arenosas (WOODALL *et al.*, 2016; HENGSTMANN *et al.*, 2018; SCHNEIDER & MAFFESSIONI, 2021), ingestão de vertebrados e invertebrados (REISSER *et al.*, 2014) e interações com poluentes químicos e orgânicos persistentes (WARDROP *et al.*, 2016). De acordo com a literatura disponível, todos os grupos de organismos marinhos estão em um risco eminente de interagir com os microplásticos (IVAR DO SUL, 2014).

A existência de MP em água pode ser atribuída a muitas fontes e fatores, a discussão das origens é um desafio, uma vez que seu mecanismo de difusão e transporte é extremamente complexo (BERTOLDI *et al.*, 2021). As zonas de maior concentração estão associadas à proximidade de possíveis fontes emissoras, como zonas portuárias, já que nestes locais os grânulos plásticos são embarcados para o transporte. Para Barnes *et al.* (2009), a distribuição de materiais plásticos no mar é irregular e pode variar dependendo das condições locais como ventos e correntes, a

geografia costeira e os pontos de entrada no ambiente marinho, como áreas urbanas e rotas comerciais.

Nas regiões próximas à costa, os movimentos da água causados pelo vento, ondas e marés transportam partículas de sedimento de acordo com seu tamanho, forma e densidade, e estes fatores, segundo Browne (2010), também influenciam nos padrões de acumulação do plástico, conforme a densidade do material. O autor também ressalta que o transporte de partículas de areia ou plástico, com propriedades como tamanho, forma e densidade, determinarão a velocidade de água necessária para transportá-los.

De acordo com Cózar *et al.* (2014), o sedimento de praias e de águas profundas, são importantes sumidouros de microplásticos a longo prazo, tendendo a acumulá-los no ambiente. Alguns autores (FALCÃO & SOUZA, 2014) puderam constatar através de observações feitas em campo em praias do litoral paulista, que o transporte hídrico e eólico está diretamente associado a concentrações frequentes de *pellets* no sedimento de praias e a distribuição espacial é influenciada pela morfodinâmica praial e pelas marés meteorológicas (ressacas).

Um estudo realizado por Lima *et al.* (2019) teve como objetivo analisar a diferença sazonal da quantidade de microplásticos em quatro praias urbanas na Paraíba. Amostras de sedimento da zona intertidal de cada uma dessas praias foram coletadas e foi analisado que o maior número de partículas de microplásticos foram registradas no período das chuvas. A partir disto, afirmaram que a maior presença de microplásticos nas praias pode estar relacionada com o carreamento dessas partículas do continente para o ambiente marinho pelas chuvas e também pelo descarte indevido de lixo nesses ambientes por pessoas que frequentam essas praias.

Nos municípios de Paulo Afonso e Glória–BA, localizados à margem do rio São Francisco, Dos Santos *et al.* (2020) analisaram quali-quantitativamente o microplástico e sua distribuição espacial, por meio de sedimento e amostras de água, podendo elencar possíveis causas para o material ser encontrado nesta localidade, tendo em vista se tratar de áreas amplamente empregadas por turistas e população local para prática de atividades de recreação e lazer. Os MP foram encontrados em maior quantidade em períodos de eventos e férias na região, onde realmente há um aumento considerável de pessoas (visitantes e turistas). De acordo com Moraes e Cruz (2015), o impacto do turismo refere-se ao conjunto de ações,

modificações e eventos provocados pelo desenvolvimento de atividades humanas em determinado ambiente que alteram a biota e a qualidade dos recursos ambientais.

2.4 AMBIENTE ESTUARINO

Estuários são corpos d'água que conectam águas continentais com os oceanos. São ambientes complexos, sujeitos a diferentes processos físico-químicos e biológicos, resultantes do contato entre a água salgada do oceano e a água doce continental (ADAMS, 2005). Estes ecossistemas são caracterizados por sofrerem amplas flutuações ambientais (ciclo das marés, salinidade, temperatura, etc.). A salinidade, por exemplo, oscila de acordo com o ciclo das marés. As plantas e animais desses ecossistemas estão perfeitamente adaptados a esse ritmo diário de oscilação do nível das águas e da salinidade (PINTO-COELHO & HAVENS, 2015).

A grande proximidade entre as diferentes formas de usos humanos com o recurso natural estuarino coloca esses ecossistemas em constante riscos: construção e dragagem de canais, despejo e poluição de toda sorte de efluentes líquidos, eutrofização devida ao aporte de matéria orgânica e excesso de nutrientes (N e P); assoreamento excessivo decorrente da intensa atividade de construção; poluição por resíduos sólidos, tais como plástico e outros detritos; danos físicos para as comunidades vegetais causados por intenso tráfego náutico associado a todo tipo de embarcações; exploração excessiva dos recursos pesqueiros e introdução de espécies exóticas (MANN, 2000).

Os estuários do Sul do Brasil são consideradas áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade brasileira de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2007), já que são ameaçados por diversos impactos ambientais resultantes da ocupação humana desordenada (MOURA *et al.*, 2015), como a contaminação por efluentes domésticos, a urbanização sem planejamento e a pesca predatória (Ministério do Meio Ambiente, 2007).

No Brasil, observam-se diversos estuários, sendo alguns dos mais representativos: Estuário do Rio Oiapoque (AP), estuário e delta do Rio Parnaíba (PI), Estuário das Guaribas (CE), Estuário do Rio São Francisco (SE-AL), Baía de Todos os Santos (BA), Estuário do Rio Santana (Ilhéus, BA), Baía de Vitória (ES), Baía da Guanabara (RJ) Baía de Paranaguá (PR), Baía de Guaratuba (PR), Estuário

do Rio Tramandaí (RS), Complexo da Lagoa dos Patos (RS) e Estuário do Arroio Chuí (RS) (PINTO-COELHO & HAVENS, 2015).

Dentre os estuários do Rio Grande do Sul, há o importante Estuário da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (29°58'S; 050°07'O) que está localizado na porção final da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, junto às Lagunas de Tramandaí, das Custódias e do Armazém (CAMARGO *et al.*, 2020). A porção final do sistema consiste em um canal de 30 km² de área e profundidade média de dois metros, delimitando os municípios de Imbé e Tramandaí e fazendo a conexão com o mar por meio da desembocadura do estuário (RAMOS & VIEIRA, 2001).

A Bacia do Rio Tramandaí é uma das regiões com os maiores índices de crescimento demográfico e urbanização do Litoral Norte do Estado (FUJIMOTO *et al.*, 2006; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011). O complexo é a principal fonte de abastecimento público de água da região e sustenta a atividade econômica de diversos pescadores artesanais (CASTRO & ROCHA, 2016). A ocupação humana da região, a partir do início do século XX, está relacionada, principalmente, às atividades pesqueiras e agrícolas, além do turismo em torno dos balneários (CLAUSSEN, 2013).

O aumento de até 500% da população, durante o verão, acentua pressões antrópicas já existentes sobre os ecossistemas da região (MOURA *et al.*, 2015; ZUANAZZI, 2016). Dados obtidos por Corrêa *et al.* (2021), ao estudarem o Estuário Tramandaí-Armazém, compõem um panorama pioneiro sobre a contaminação por MP na região do Litoral Norte do RS. Os resultados evidenciaram ser uma área que já apresenta contaminação, sendo destacados o PE, o PP e o PET/PVC, estreitamente vinculados às atividades desenvolvidas na região, como a pesca e a ocupação urbana em si.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em duas praias de sedimento arenoso no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, sendo elas: Tramandaí e Imbé, ao sudoeste e a nordeste do Sistema Estuarino Tramandaí-Armazém, respectivamente. Esse local é o destino de muitos turistas durante o período de veraneio, mas também é uma região atrativa para moradores em vista de sua qualidade de vida, o que faz a população oscilar de, aproximadamente, 74 mil habitantes durante o inverno e podendo chegar a mais de 500 mil habitantes durante o verão, no somatório de ambas cidades (CORRÊA *et al.*, 2021). Existe também a precariedade nos serviços de saneamento, como o despejo de esgoto não tratado, resultado da presença de moradias localizadas no seu entorno e da falta de oferta do serviço de coleta e tratamento do esgoto por parte do poder público (CASTRO e MELLO, 2013). Neste local também existe a problematização da pecuária nas margens dos corpos d'água, da pesca sob diversas artes/finalidades e a extração de areia (CASTRO e ROCHA, 2016).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1931), é do tipo subtropical úmido, com temperatura média em torno de 20 °C. O padrão de ventos é determinado pela ação de dois centros de alta pressão: o Anticiclone do Atlântico Sul e o Anticiclone Migratório Polar. O vento predominante durante o ano é de direção NE, provocado por influência do Anticiclone do Atlântico Sul (CORRÊA *et al.*, 2021).

No Litoral Norte do Rio Grande do Sul a granulometria do sedimento arenoso é fina e as praias se comportam, na maior parte do tempo, como dissipativas e intermediárias, de acordo com a classificação praias de Wright e Short (1984). De acordo com alguns estudos (FIGUEIREDO & CALLIARI, 2006; TABAJARA *et al.*, 2013), a deriva litorânea de sedimentos predomina em dois sentidos, sendo SW-NE e NE-SW, sendo que a ação do vento NE, vento local e mais frequente na região, origina a formação de vagas; as ondas de SE (*swell*) apresentam comprimento de onda maior e período superior a 10 s, e por isso, determinam o sentido predominante da deriva litorânea de sul para norte (MOTTA, 1968).

Os eventos de maior energia de onda são originados pelas tempestades oriundas do quadrante SE, sendo comum no inverno a geração de ondas acima de

3,5 m de altura (CALLIARI *et al.*, 1998). A profundidade, na qual a base da onda mais frequente ($H(\text{altura}) = 1,5 \text{ m}$ e $T(\text{período}) = 7 \text{ s}$) começa a movimentar os sedimentos (profundidade de fechamento), situa-se em torno de 7,5 m (ALMEIDA *et al.*, 1999; TABAJARA *et al.*, 2013).

3.2 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas foram realizadas nas praias durante quatro estações do ano: inverno/2021, primavera/2021, verão/2022 e outono/2022. Foram selecionados quatro pontos para a coleta de MP, em triplicata, sendo dois deles localizados na praia de Imbé e dois na praia de Tramandaí - subdivididos em pontos na linha de maré e na base das dunas em cada praia - mantendo um espaçamento de 100 m de distância de cada ponto, como representado na Figura 1.

Em cada estação, foram realizadas coletas em dias alternados, durante 15 dias. Para compreender a deposição dos MP ao longo dos dias, nos dias um e sete, foram realizadas coletas na região inicial das dunas de cada praia e no restante dos dias, os MP foram coletados somente na linha de maré.

Figura 1 - Mapa da localização dos pontos de coleta nas praias de Imbé e Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil



Service Layer Credits: Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community
Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

A coleta das amostras foi realizada de acordo com a metodologia adaptada de Ivar do Sul (2014) e Schneider e Maffessoni (2021). Em cada ponto de coleta foi utilizado um quadrante, de 50x50 cm para realizar a retirada de aproximadamente 2 cm iniciais de areia com o auxílio de uma pá (Figura 2).

Figura 2 - Marcação do quadrante no sedimento e retirada dos centímetros iniciais de areia com o auxílio de uma pá.



Fonte: Autora (2020)

Ainda no campo, as amostras foram peneiradas em peneiras com malha de 5 mm (Figura 3), a fim de separar os MP como *pellets*, fragmentos ou fibras. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados conforme a praia, o ponto e o dia de coleta.

Figura 3 – Amostras sendo peneiradas em campo.



Fonte: Autora (2020 e 2021)

Após, cada amostra foi disposta em uma bacia e seca com a luz solar (Figura 4) e de forno elétrico a 100°C, em caso de ausência solar.

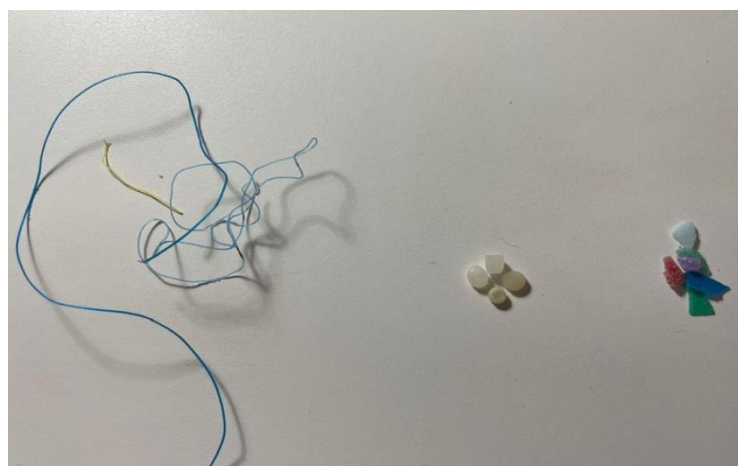
Figura 4 - Amostras dispostas em bacia para a secagem do sedimento.



Fonte: Autora (2022).

Após a secagem, as amostras foram peneiradas com peneiras granulométricas com malhas de 1 mm e 4,75 mm. Posteriormente, o material foi separado da matéria orgânica e outros fragmentos indesejados e os MP classificados em três tipos de plástico: fragmentos de plástico, *pellets* e fibras (Figura 5).

Figura 5 - Separação e classificação dos MP em fibras, *pellets* e fragmentos, respectivamente



Fonte: Autora (2022).

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Após a classificação dos microplásticos, na linha de maré e no embancamento da faixa de dunas, para as diferentes estações do ano, nas praias amostradas, foi realizada a análise estatística no *software Rstudio*, onde procedeu-se com teste de ANOVA (análise de variância) dois fatores (praia e estação do ano) para a verificação de diferenças na deposição nas diferentes praias e estações do ano, na presença de *pellets*, fragmentos, fibras e totais. Caso houvesse diferença entre os níveis, realizou-se teste *Posthoc, Student-Newman-Keuls (SNK)*, para identificação das diferenças. Foi considerado um nível de significância de 5%.

Para complementar as análises, utilizando-se os dados da plataforma *Windy*[®], no período pré-coleta (dois dias que antecedem a coleta) nos dias de coleta foram verificadas as condições oceanográficas, tais como: a altura e a direção das ondas e a velocidade e direção dos ventos.

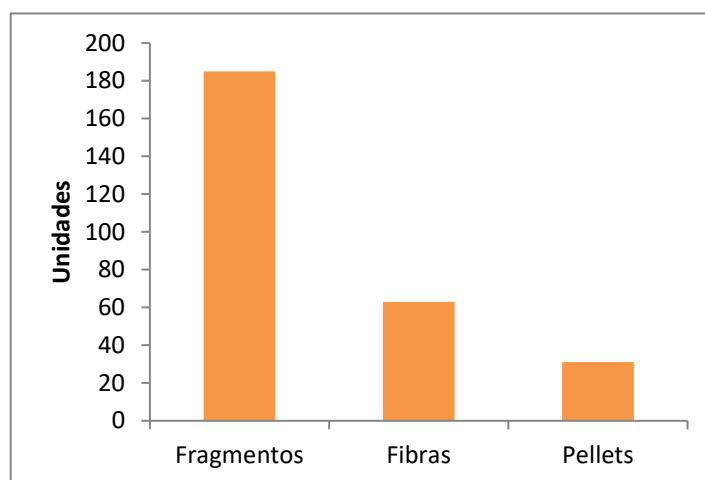
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA

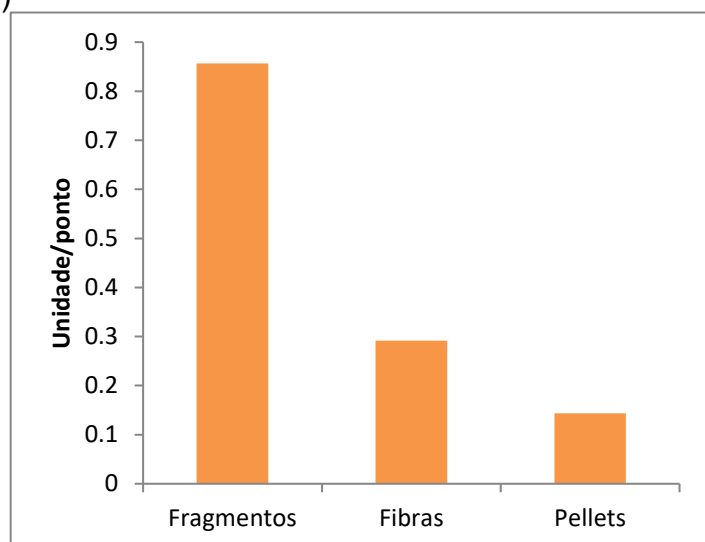
No sedimento arenoso das duas praias do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, foram coletados 279 microplásticos, sendo 185 unidades (un) de fragmentos, 63 un de fibras e 31 un de *pellets* (Figura 6a). Os valores médios foram 0,67; 0,3 e 0,13 un/ponto de fragmentos, fibras e *pellets*, respectivamente (Figura 6b).

Figura 6- Quantidade de microplásticos encontrados nos sedimentos das praias: a) totais; b) média

a)



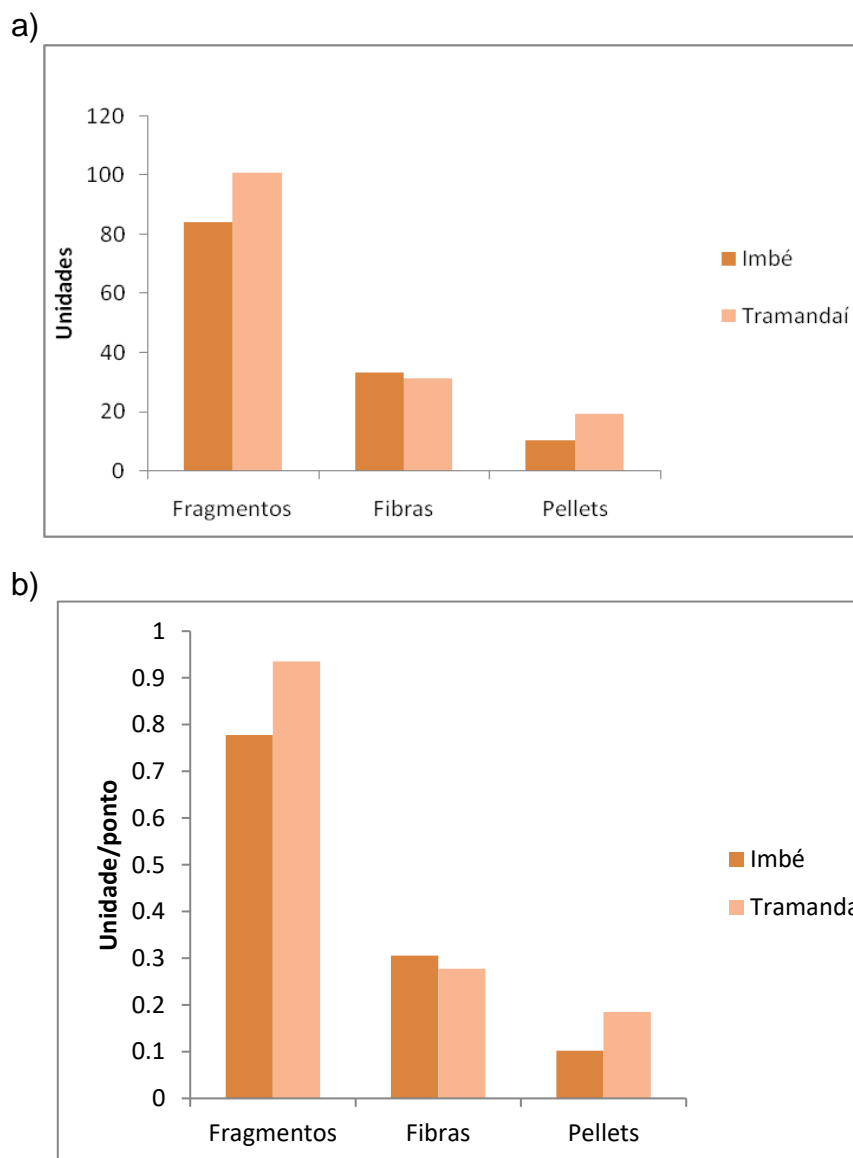
b)



Fonte: Autora (2022)

A praia que apresentou maiores quantidades de MP foi Tramandaí com 151 un, seguida por Imbé com 128 un. Na praia de Tramandaí foram encontrados 102 fragmentos - média 0,93 un/ponto (82 un na linha da maré - LM e 19 un nas dunas), 31 fibras - 0,28 un/ponto (25 un. na LM e 6 un. nas dunas) e 19 *pellets* - 0,18 un/ponto (16 un. na LM e 3 un. nas dunas). Na praia de Imbé coletaram-se 84 fragmentos - 0,8 un/ponto (61 un. na LM e 23 un. nas dunas), 33 fibras - 0,32 un/ponto (28 un. na LM e 5 un. nas dunas) e 11 *pellets* - 0,08 un/ponto (7 un na LM e 4 un nas dunas), Figura 7a e 7b.

Figura 7- Fragmentos, fibras e *pellets* encontradas nas praias de Tramandaí e Imbé: a) totais; b) média

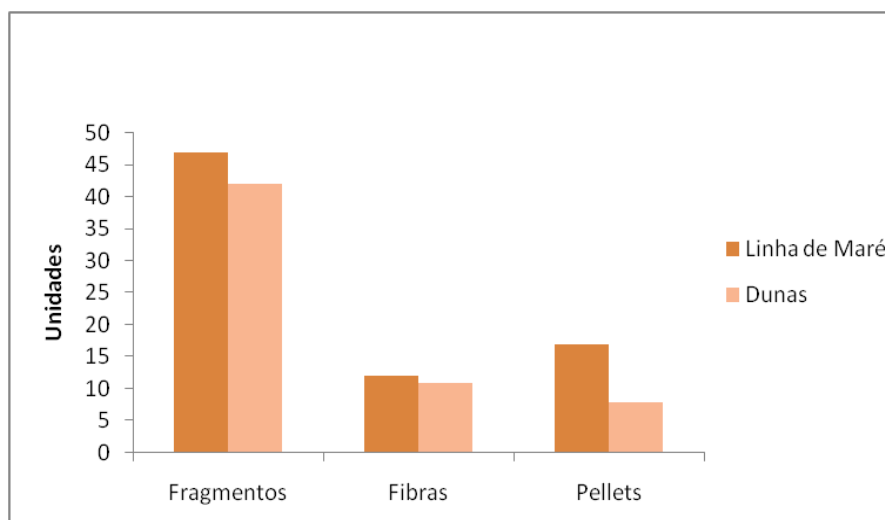


Fonte: Autora (2022).

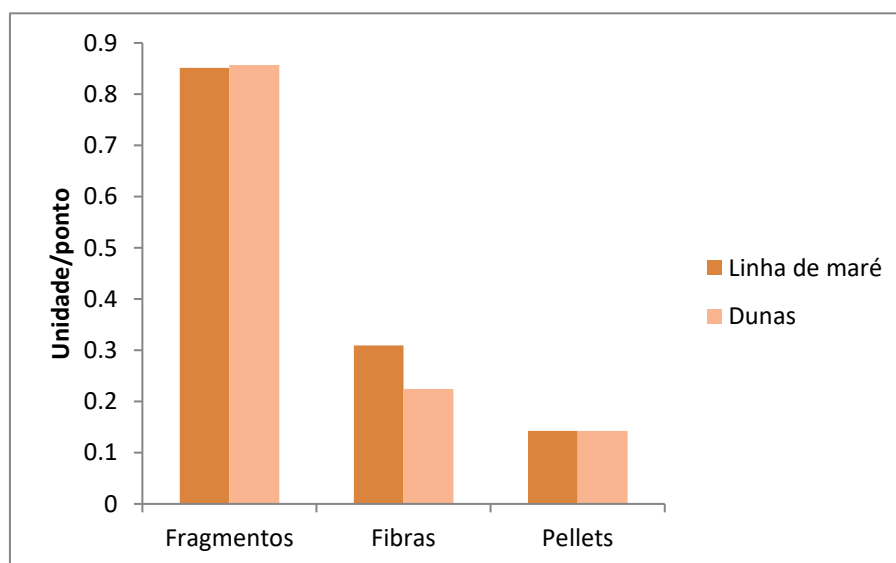
Quanto a localização dos MP (linha de maré ou pé da duna), foram encontrados na LM 219 un e, na região das dunas, 60 un, sendo que, a média por ponto foi semelhante, sendo 1,33 un/ponto na LM e 1,25 un/ponto nas dunas. (Figura 8). De acordo com a média geral (Figura 8b), foi possível observar que tanto nas dunas, quanto na linha de maré, os fragmentos plásticos predominaram, sendo encontrados 0,85 un/ponto.

Figura 8- Quantidade de fragmentos, *pellets* e fibras encontrados na linha de maré e nas dunas: a) totais; b) médias

a)



b)



Fonte: Autora (2022).

Com base nesses dados de *pellets*, fragmentos, fibras e totais de MP, foi observado que os dados apresentam distribuição normal (Valor-P < 2.2e-16). Desta forma, foi realizada análise estatística usando ANOVA, considerando-se o nível de significância de 5%. E, não foi observada diferença estatística significativa na deposição dos MP nas duas praias. Resultado diferente do observado em estudo realizado por Schneider e Maffessoni (2021) em praias do RS, que mostrou que

havia maior presença de MP na Praia das Cabras (Cidreira) do que em outras duas praias urbanas (Capão da Canoa e Torres). Os autores relacionaram a contaminação da Praia das Cabras, pouco urbanizada, com a dinâmica costeira naquela região. O mesmo trabalho avaliou o sedimento da praia de Torres (RS), área adjacente ao Estuário do Rio Mampituba e encontrou número de MP similar ao deste estudo, 162 un, utilizando a mesma metodologia do presente trabalho. Tramandaí e Imbé são praias contíguas, e sofrem a mesma influência do estuário, o que pode justificar a deposição de MP apresentar o mesmo padrão do que Torres. O estudo de Corrêa e colaboradores (2021) apontou a presença de MP na água estuarina do Complexo Tramandaí-Armazém, é possível que dependendo da vazão do estuário, haja carreamento dos resíduos que estão na água do rio para áreas mais distantes das praias adjacentes.

De acordo com Vilela *et al.* (2014), sabe-se que estuários são ambientes vulneráveis e dinâmicos, sendo que muitos deles já se encontram modificados devido à poluição causada pelo aumento da urbanização e de atividades industriais. De acordo com os autores, a Baía de Guanabara, localizada no Rio de Janeiro, é considerada um dos ecossistemas mais poluídos do Brasil e sofreu modificações advindas de atividade antrópica, escoamento urbano, agrícola e industrial nos últimos 100 anos (BAPTISTA NETO & FONSECA, 2011); constatação que pode ser consolidada segundo Castro & Rocha (2016) e Olivatto (2016), através das concentrações expressivas de poluição microplástica diagnosticada em seus estudos.

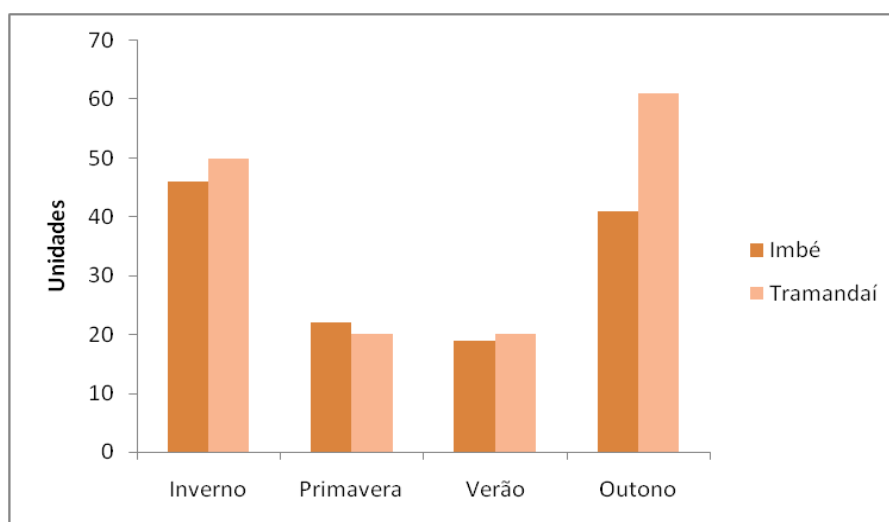
4.2 INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE

A presença de microplásticos foi avaliada quanto às quatro estações do ano (Figura 9) com o objetivo de se verificar se a sazonalidade interfere na presença desses resíduos. O outono foi a estação do ano que apresentou maior acúmulo de microplásticos (102 un.), seguido pelo inverno (96 un.), primavera (42 un.) e verão (39 un.). Foi observada diferença estatisticamente significativa (valor-P = 0.006875) entre o total de MP depositados nas estações do ano. Foram observadas diferenças de deposição entre o inverno - verão e inverno - primavera, outono - primavera e outono- verão (valor P <0,05).

Para a presença de *pellets* e fragmentos também foi observada diferença significativa com relação à estação do ano, sendo valor- P 0,048 e 0.002773, respectivamente. O teste *pos-hoc*, SNK, para MP totais, mostrou que a distribuição de MP no outono e no inverno é diferente do que na primavera e no verão (valor- P < 0,05).

Tramandaí apresentou maior abundância no outono e inverno, totalizando 61 e 50 microplásticos, respectivamente (Figura 9). Em Imbé, o padrão foi semelhante, os valores mais expressivos foram encontrados no inverno e outono, com 46 e 41 itens respectivamente. No início deste estudo, esperava-se que fossem encontradas maiores quantidades de MP na primavera/verão, pois há um fluxo mais intenso de turistas fazendo um maior uso das faixas de praia, mas, em qualquer estação, foi possível notar deposição dos MP. Dessa forma, essa deposição nos sedimentos arenosos não depende apenas da sazonalidade, outros fatores podem influenciar para o aporte deste material no sedimento, como a orientação e a exposição de cada praia, a hidrodinâmica, a dinâmica das ondas, correntes e marés e o regime dos ventos (KAKO *et al*, 2010; SILVA, 2016; SCHNEIDER & MAFFESSIONI, 2021).

Figura 9- Distribuição dos MP nas duas praias durante as quatro estações do ano.



Fonte: Autora (2022).

A direção dos ventos e a quantidade de MP encontrados podem ter uma relação, de acordo com estudo realizado por Silva (2016), na Baía de Santos. De acordo com o autor, ventos predominantes de direção norte, noroeste e nordeste incidiram sobre a praia e contribuíram para o maior número de MP nas praias.

Segundo ele, a direção do vento é o principal fator para o acúmulo de MP, mas a velocidade não contribui para a ocorrência de MP na praia. Ao analisar a direção do vento, das ondas e a altura das ondas para as duas praias estudadas durante as quatro estações do ano (Tabela 1), observou-se que, nos três períodos de maior abundância de MP (outono, inverno e primavera) a direção do vento variou de nordeste, oeste e sudoeste. Cabe destacar que na estação onde foram encontrados mais MP (outono), a direção dos ventos predominante foi sudoeste e noroeste, o que pode ter influenciado tal deposição.

A altura das ondas predominante durante as quatro estações foi acima de 1 metro em todas as estações, ocorrendo apenas um dia no inverno e um no outono nos quais as ondas marcaram 0,9 m. No primeiro dia da coleta de outono, período que mais se coletou MP, foi registrada a maior altura de onda de todas coletas, sendo 2,3 m; o que poderia contribuir também com o acúmulo de MP na linha de maré, já que a primeira coleta de outono ocorreu dois dias após a passagem do Ciclone na área estudada.

No presente estudo, as maiores quantidades de MP foram encontradas no outono, no mês em que ocorreu a passagem do Ciclone Yakecan, uma mistura de um ciclone extratropical com outro ciclone subtropical. Durante a passagem do Ciclone, ventos de até 110 km/h foram registrados na região de estudo, e a altura das ondas ultrapassou 3,6 m, o que possivelmente impactou a coleta do outono sobre a abundância de MP.

De acordo com diversos autores (BAZTAN *et al.*, 2014; SILVA, 2016; ALVAREZ-ZEFERINO *et al.*, 2020), os MP presentes nos oceanos, quando chegam à beira da praia, “se depositam primeiro na linha de maré, uma área de caráter efêmero, dinâmico e sazonal”. Posteriormente, conforme o ciclo das marés, parte dos MP que estão nessa região podem permanecer ou ser transportados para as dunas pela ação dos ventos, assim como a próxima maré poderá trazer mais MP ou levar os acumulados de volta ao oceano (SCHNEIDER & MAFFESSIONI, 2021). Eventos de tempestade também responsáveis pela deposição destes materiais em camadas profundas do sedimento, e, de acordo com a morfodinâmica do ambiente, os MP voltam à superfície, o que acaba por influenciar diretamente o seu padrão de distribuição (FALCÃO & SOUZA, 2014; TURRA *et al.*, 2014; ALVAREZ-ZEFERINO *et al.*, 2020).

Em um estudo realizado por Falcão e Souza (2014) em praias do litoral de São Paulo, nos anos de 2011 e 2012, foram identificados os *pellets* de plástico. Neste estudo, foi constatado que as marés meteorológicas/ressacas condicionam uma dispersão mais intensa dos *pellets* sobre a praia, transportando-os às áreas mais superiores (pós - praia), comportamento este que pode variar conforme o estado morfodinâmico. Sendo assim, verifica-se que o conhecimento do estado morfodinâmico das praias, a compreensão do transporte costeiro dos *pellets* e materiais a eles associados possibilita o diagnóstico efetivo da presença e permanência desse material no conjunto de arcos praias trabalhados.

Tabela 1 - Condições oceanográficas para as 2 praias estudadas conforme as estações do ano.

Inverno				
Coleta	Velocidade do vento (km/h)	Direção do vento	Altura de ondas (m)	Direção ondas
Período pré-coleta 1	13	Nordeste	1,2	Sudeste
Período pré-coleta 2	6	Sudeste	0,7	Leste
Dia 01 (05/jul)	7	Nordeste	0,9	Leste
Dia 02 (07/jul)	15	Nordeste	1,3	Nordeste
Dia 03 (09/jul)	9	Nordeste	1,4	Leste
Dia 04 (11/jul)	6	Sudoeste	1,1	Leste
Dia 05 (13/jul)	4	NA	1,5	Nordeste
Dia 06 (15/jul)	25	NA	1	Sudeste
Dia 07 (17/jul)	10	Noroeste	1,4	Sudeste
Primavera				
Período pré-coleta 1	11	Sudoeste	1,5	Leste
Período pré-coleta 2	2	NA	1,6	Leste
Dia 01 (29/nov)	17	Oeste	1,4	Leste
Dia 02 (01/dez)	9	Sudoeste	1,5	Sudeste
Dia 03 (03/dez)	17	Nordeste	1,8	Sudeste
Dia 04 (05/dez)	11	Nordeste	1,4	Sudeste
Dia 05 (07/dez)	13	Leste	1,3	Sudeste
Dia 06 (09/dez)	9	Nordeste	1,5	Sudeste
Dia 07 (11/dez)	9	Nordeste	1,9	Sudeste
Verão				
Período pré-coleta 1	2	Noroeste	1,2	Sudeste
Período pré-coleta 2	15	Oeste	1,5	Leste
Dia 01 (22/fev)	13	Sudeste	1	Leste
Dia 02 (24/fev)	7	Nordeste	1	Sudeste
Dia 03 (26/fev)	2	Sudoeste	1,2	Leste
Dia 04 (28/fev)	9	Sudoeste	1,4	Nordeste
Dia 05 (02/mar)	9	Nordeste	1,7	Sul
Dia 06 (04/mar)	7	Nordeste	1,5	Sul
Dia 07 (06/mar)	4	Nordeste	1,1	Nordeste
Outono				
Período pré-coleta 1	24	Sudoeste	3,6	Sudeste
Período pré-coleta 2	17	Oeste	3,3	Sudeste
Dia 01 (20/mai)	13	Sudoeste	2,3	Sudeste
Dia 02 (22/mai)	6	Noroeste	0,9	Sudeste
Dia 03 (24/mai)	7	Nordeste	1,4	Sudeste
Dia 04 (26/mai)	4	Noroeste	1,3	Nordeste
Dia 05 (28/mai)	4	Sul	1,1	Sul
Dia 06 (30/mai)	9	Sudoeste	1,5	Sul
Dia 07 (01/jun)	2	NA	1,3	Sul

Fonte: Autora (2022).

As duas praias estudadas são praias dissipativas e intermediárias e esse fator pode influenciar na deposição de MP. Em estudo de Schneider & Maffessoni (2021), em praias gaúchas, as autoras concluíram que os MP chegam às praias tanto por fontes marinhas como por resíduos sólidos deixados nas praias, que, com o tempo, se fragmentam, por conta da exposição a fatores físicos e químicos de degradação, e então são redistribuídos ao longo da praia pela ação dos ventos e das marés.

Outros estudos também associaram seus resultados a fatores meteorológicos. Um estudo de Manzano (2009), na Enseada de Santos, demonstrou um aumento significativo de deposição de esférulas plásticas para as estações do outono (163 pellets/m^2) e inverno (377 pellets/m^2) e foi possível relacionar a abundância devido à agitação do mar, provocada por ventos intensos na semana da coleta, que acarretam no aumento da deposição de grânulos na linha de praia. Resultados semelhantes foram encontrados para a primavera e verão, que apresentaram a menor taxa de entrada, com $23,2\text{ pellets/m}^2$, também pela pequena variação meteorológica.

Os fatores supracitados podem auxiliar na compreensão do porquê a estação em que mais se encontrou MP possa ter sido influenciada pela ação de fenômenos climáticos. Estas constatações preliminares comprovam que é sempre complexo entender a dinâmica da deposição de MP, mas que se observa um padrão básico já que, ao comparar este estudo com o de Schneider & Maffessoni (2021), é possível perceber que as praias de Tramandaí e Imbé recebem MP em menor quantidade que a Praia das Cabras, padrão semelhante às praias de Torres, possivelmente pela Praia das Cabras possuir uma morfodinâmica diferente das demais praias estudadas. Com isso, se faz necessário maiores pesquisas que possam contribuir para um melhor entendimento da complexidade dos fatores morfodinâmicos e oceanográficos das praias estudadas e como podem afetar na dispersão dos MP, assim como a vazão da água estuarina e eventos climáticos.

Outros fatores que podem influenciar na quantidade de MP encontrados é o pisoteio e a limpeza da areia pelos órgãos municipais, que acarretam no soterramento e na remoção dos MP (SCHNEIDER, 2018). Nas praias estudadas, ambas recebem um grande número de veranistas durante a alta temporada, e a menor quantidade de MP foram encontradas durante o verão se deve, possivelmente, aos fatores citados. As coletas foram realizadas sempre pelo período da manhã, antes da limpeza da areia pelas prefeituras. Porém, não se pode

descartar que as limpezas possam ter ocorrido em dias anteriores às coletas, fazendo com que uma menor quantidade de MP tenha sido acumulada. Em um estudo realizado por Schneider e Maffessoni (2021), na Praia das Cabras em Cidreira, que é uma área que não há urbanização evidente, exceto eventualmente no verão, foram encontradas as maiores quantidades de MP nesta mesma estação do ano. Autores como Pianowski (1997) e Hirata (2017) também mencionam que em áreas menos acessíveis ao público, não ocorre o soterramento pelo pisoteio humano e, sendo assim, são encontrados MP com maior frequência.

Com isso, fica evidente que um possível fator negativo para se analisar as concentrações de MP no sedimento de praias em áreas urbanizadas é o soterramento e as limpezas das praias, pois a deposição destas partículas na linha de maré e na base das dunas não será avaliada caso a coleta seja realizada posteriormente à limpeza e ao uso da praia (SCHNEIDER & MAFESSONI, 2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da presença de microplásticos no sedimento arenoso nas praias de Tramandaí e Imbé sugerem que a presença de MP ocorre ao longo de todo o ano e é permanente nas duas praias. Fatores como a ação dos ventos, a altura e energia ondas, a dinâmica praial, bem como a circulação oceânica e as correntes, atuam em conjunto no aporte de MP no sedimento. No outono, houve maior quantidade de MP justamente pelo mar estar mais agitado e pela ocorrência do Ciclone Yakecan. Enquanto que nos outros períodos, as ondas atingiram altura máxima de 1,9 metros e os ventos predominantes foram de nordeste, norte e sudeste.

Os fragmentos foram o tipo de MP encontrado em maior quantidade. A quantidade de MP na linha de maré e nas dunas não apresentaram um padrão de distribuição com as estações do ano, porém, a análise estatística mostrou que a distribuição de MP no outono e no inverno é diferente do que na primavera e no verão.

Os resultados apresentados evidenciam a problemática dos MP no sedimento de praias. A presença do estuário e as formas de deposição tornam o estudo extremamente complexo e de pouco conhecimento para se estabelecer um padrão, e o presente estudo aponta a fragilidade e a importância de preservar a zona costeira e marinha. Embora complexo, é importante se compreender como acontece

essa deposição e quais são as possíveis fontes de contaminação (portos e estuários) para que ocorram ações de preservação da zona costeira e, conseqüentemente, minimização dos impactos da presença de MP à fauna e ao ecossistema.

REFERÊNCIAS

ABNT. 2004 **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 10004. Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro.

ADAMS, S. M. **Using multiple response bioindicators to assess the health of estuarine ecosystems: An operational framework**. In BORTONE, S. A. (ed.). Estuarine indicators. CRC Press, Flórida, cap. 1: 5-18. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Perfil 2016**. São Paulo: ABIPLAST, 2017.

ALMEIDA, L.E.S.B; ROSAURO, N.L.; TOLDO JR., E.E.; GRUBER, N.S. (1999) - **Avaliação da profundidade de fechamento para o litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, MG, Brasil; Publicado em CD-ROM.

ALVAREZ-ZEFERINO, J.C.; OJEDA-BENÍTEZ, S.; CRUZ-SALAS, A.A.; ARTÍNEZ-SALVADOR, C.; VÁZQUEZ-MORILLAS, A., **Microplastics in Mexican beaches**. Resour.Conserv.Recy.155,104633.<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104633>. 2020.

ANDRADE-NETO, G. F. 2010. **Análise quali-quantitativa de lixo de praia com aplicação do clean-coast index em uma praia do litoral centro-sul do estado de São Paulo, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso–Curso de Oceanografia, Unimonte, Santos, 54 pp.

ANDRADY A.; **Microplastics in the marine environment**. Marine Pollution Bulletin, v.62 pg.1596-1605 (2011).

ANDRADY, A.L. **The plastic in microplastics: A review**. Marine Pollution Bulletin, v.119, p. 12-22, 2017.

AVIO, C.G., *et al.* **Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat.** *Marine Environmental Research*, v. 128, p. 1-10. Jul. 2016.

BARNES, D.K.A. *et al.* **Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, 1985-1998, 2009.

BAPTISTA NETO, J. A., & FONSECA, E. M. (2011). **Variação sazonal, espacial e composicional de lixo ao longo das praias da margem oriental da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) no período de 1999-2008.** *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 11(1), 31-39. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci189>

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

BERTOLDI, C., *et al.* **Primeira evidência de contaminação microplástica na água doce do Lago Guaíba, Porto Alegre, Brasil.***Ciência do Ambiente Total* , v. 759, p. 143503, 2021.

BROWNE, M. A.; GALLOWAY, T. S.; THOMPSON, R. C. **Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines.** *Environmental Science & Technology*, v.44, n. 9, p. 3404-3409, 2010.

CAMARGO, Y. R., *et al.* **Diagnóstico ambiental do estuário do rio Tramandaí, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil.** *Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha*, v. 9, p. e2020002-e2020002, 2020.

CARPENTER, E. J.; SMITH JUNIOR, K. L. **Plastics on the Sargasso.** *Sea Surface Science*,v. 175, p. 1240-1241, 1972.

CASTAÑEDA, R. A., *et al.* **Microplastic pollution in St. Lawrence river sediments.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 71, n. 12, p. 1767-1771, 2014.

CASTRO, D.;MELLO, R. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Tramandaí** (182 p.). Porto Alegre: Via Sapiens, 2013.

CASTRO, D.; ROCHA, C. M. **Qualidade das águas na bacia hidrográfica do rio Tramandaí.** Porto Alegre: Via Sapiens. 172p., 2016.

CLAUSSEN, M. R. S., 2013. **O processo de urbanização do município de Imbé, RS: dinâmicas socioespacial e socioambiental.** Porto Alegre. 111p. (Trabalho de Conclusão. Instituto de Geociências, UFRGS). 2013.

CRITCHELL, K.; LAMBRECHTS, J. **Modelling accumulation of marine plastics in the coastal zone; what are the dominant physical processes?** Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 171, p. 111-122, 2016.

COLE, M., *at al.*, **Microplastics alter the properties and sinking rates of zooplankton faecal pellets.** Environ. Sci. Technol. 50:3239–3246.<http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.5b05905>. 2016.

CORRÊA, L. S., *et al.* **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, v.18, e. 10, 2021. Disponível em <https://doi.org/10.21168/reg.v18e10> Acesso em: 07 out. 2021.

CÓZAR, A. *et al.* **Plastic debris in the open ocean.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 111, p. 10239-10244, jun. 2014.

DOS SANTOS, F. L. DE BRITO.,*et al.* **Avaliação Quali-Quantitativa de microplásticos em sedimentos e na coluna D'água no balneário Canto das Águas–Glória/BA e balneário da Prainha–Paulo Afonso/BA/.** BrazilianJournalofDevelopment, v. 6, n. 2, p. 8439-8453, 2020.

ELIAS, R. **Mar de plástico: uma revisão do plástico no mar.** 2015.

FALCÃO, M.P.; SOUZA, C.R.G. **Contribuições da geomorfologia costeira aos estudos sobre pellets de plástico em praias de SP, Brasil.** RevistaGeonorte, v. 10, n. 1, p. 71-76, 2014.

FENDALL, L. S.; SEWELL, M. A., Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. Marine Pollution Bulletin, v. 58, n. 8, p. 1225-1228, 2009.

FIGUEIREDO, S.A. & CALLIARI, L.J. **Sedimentologia e suas Implicações na Morfodinâmica das Praias Adjacentes às Desembocaduras da Linha de Costa do Rio Grande do Sul.** Gravel, 4: 73-87, 2006.

GALGANI, F.; PHAM C.K.; REISSER, J. Editorial: **Plastic Pollution.** Frontiers in Marine Science. v. 4, n. 307, set. 2017.

GESAMP. **Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment.** Reports Stud. GESAMP, v. 90, 96p., 2015. Recuperado em 21 de outubro de 2021, de https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf

GRUBER, N. L. S; BARBOZA, E. G. & NICOLODI, J. L. **Geografia dos ecossistemas costeiros e Oceanográficos: subsídios para a gestão integrada da zona costeira.** Gravel. Porto Alegre, n. 1, p. 81-89, 2003.

HENGSTMANN, E., *et al.* **Microplastic in beach sediments of the Isle of Rügen (Baltic Sea) - implementing a novel glass elutriation column.** Marine Pollution Bulletin, v. 126, p. 263-274, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Censo Demográfico 2021.**

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

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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul>. 2009

JUCÁ, J. F. *et al.* **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.** Jaboatão dos Guararapes, PE: Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE, 2014. DOI: 10.13140/2.1.3547.8082

KÖPPEN, William. 1931. **Climatologia.** México, Fundo de Cultura Econômica.

LIMA, L. V. S., *et al.* **Variação sazonal das partículas de microplásticos no sedimento de quatro praias urbanas no estado da Paraíba, Brasil.** Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. 2019

LIPPIATT, S.; OPFER, S.; ARTHUR, C. **Marine Debris monitoring and assessment (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46).** Silver Spring, 2013. Recuperado em 26 de outubro de 2021, de <https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/Lippiatt%20et%20al%202013.pdf>

LOZOYA, J.P., *etal.* **Plastics and microplastics on recreational beaches in Punta del Este (Uruguay): unseen critical residents?** Environmental Pollution, v. 212, p. 931-941, 2016.

MAGALHÃES, S. E. F.; ARAÚJO, M. C. B. **Lixo marinho na praia de Tamandaré (PE–Brasil): caracterização, análise das fontes e percepção dos usuários da praia sobre o problema.** Tropical Oceanography, v.40, n.2, 193-208, 2012. <http://dx.doi.org/10.5914/tropocean.v40i2.5339>

MANN, K. H., **Estuarine Ecosystems and Their Components. Ecology of Coastal Waters : With Implications for Management.** 2. ed. Blackwell Science, p. 17-172. 2000.

MANZANO, A.B., **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., São Paulo, 2009.

MARQUES JR., A.N.; MORAES, R.B.C.; MAURAT, M.C. **Poluição marinha.** In: Pereira, R.C. & Soares- Gomes, A. (orgs), *Biologia Marinha*, Interciência, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2007. **Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira: Atualização** - Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 300p.

MORAES, K. F.; CRUZ, M. R. **O ensino da educação ambiental.** Revista Eletrônica Direito e Política, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.10, n.2, 1º quadrimestre de 2015. Disponível em: www.univali.br/direitoepolitica

MOTTA, V.F. (1968) - **Relatório diagnóstico sobre a melhoria e aprofundamento do acesso pela barra de Tramandaí.** 58p., IPH/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. NãoPublicado.

MOURA, N. S. V.; MORAN, E. F.; STROHAECKER, T. M. & KUNST, A. V. **The urbanization in the coastal zone: local and regional processes and the environmental changes-the case of the north coast of the Rio Grande do Sul state, Brazil.** *Ciência e Natura*, 37: 594- 612. 2015.

PEREIRA, F.C.; **Microplásticos no ambiente marinho: mapeamento de fontes e identificação de mecanismos de gestão para minimização da perda de pellets plásticos**. Dissertação (Mestrado em Ciências, área Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PIANOWSKI, F.; SILVA, K. G.; FILLMANN, G. **Resíduos Sólidos e esférulas plásticas no litoral do Rio Grande do Sul - Brasil**. In: XI Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande. Pelotas: Editora Universitária - UFPEL, v. 1, p. 547-549, 1997.

PINTO-COELHO, R. M., & HAVENS, K., **Crise nas águas**. Recóleo Editora, Belo Horizonte, (MG). ISBN 978-85-61502-05-8, 162 pgs. 2015.

RAMOS, L. A. & VIEIRA, J. P. **Composição específica e abundância de peixes de zonas rasas dos cinco estuários do Rio Grande do Sul, Brasil**.B. Inst. Pesca, 27: 109-121. 2001.

REISSER, J., *et al.*, **Millimeter-sized marine plastics: a new pelagic habitat for microorganisms and invertebrates**. PLoSOne 9 (6), e100289. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0100289>. 2014

SCHNEIDER, I.; MAFFESSIONI, D.; **Quantificação de microplásticos em praias antropizadas e pouco antropizadas no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil**. Arquivo de Ciências do Mar. Fortaleza, v. 54, n.1, p.89-105, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.32360/acmar.v54i1.43210>. Acesso: 26 ago. 2021.

SCHNEIDER, I. **Análise quali-quantitativa de microplásticos no sedimento arenoso de praias no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira. 2018.

SILVA, P. P. G. **Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha e costeira**. Dissertação (Mestrado) – Programa de

PósGraduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2016.

TABAJARA, L.C.A.; *et al.* **Crerios para Classificação e Manejo de Costa Arenosa Dominada por Ondas e com Intensa Ocupao Urbana: o caso de Imbé, RS, Brasil.** Revista de Gestão Costeira Integrada-Jornal de Gestão Integrada da Zona Costeira , v. 13, n. 4, pág. 409-431, 2013.

TURRA, A.,*et al.* **Three-dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches: shifting paradigms.** Scientific Reports, v. 4, p. 4435, 2014.

UNEP. **Biodegradable plastics and marine litter misconceptions, concerns and impacts on marine environments.**UnitedNationsEnvironmentProgramme (UNEP). Nairobi, 2015.

ZUANAZZI, P. T.,**Estimativas para a populao flutuante do Litoral Norte do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Fundao Estadual de Economia e Estatística. 28p 2016.

WARDROP, P., *et al.*,**Chemical pollutantssorbedtoingestedmicrobeadsfrompersonalcareproducts accumulate in fish.**Environmental Science & Technology, 50(7), 4037-4044.<http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.5b06280>. 2016.

WOODALL, I.C., *et al.*, **The deep sea is a major sink for microplastic debris.** Royal Society of Open Science 1 (4), 140371. 2016.

WRIGHT, L.D. &SHORT, A.D. **Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: A Synthesis.** Marine Geology, 56: 93-118, 1984.