

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS**  
**BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, ÊNFASE EM GESTÃO**  
**AMBIENTAL MARINHA E COSTEIRA**

**ANA CAROLINA MARQUES DA SILVA**

**COMPONENTES ANTROPOGÊNICOS NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DAS**  
**MARGENS DO COMPLEXO ESTUARINO-LAGUNAR TRAMANDAÍ-ARMAZÉM**

**IMBÉ**  
**Novembro de 2024**

**ANA CAROLINA MARQUES DA SILVA**

**COMPONENTES ANTROPOGÊNICOS NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DAS  
MARGENS DO COMPLEXO ESTUARINO-LAGUNAR TRAMANDAÍ-ARMAZÉM**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para a  
obtenção do título de Bacharel em Ciências  
Biológicas, ênfase em Gestão Ambiental  
Marinha e Costeira na Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Fernandino de  
Andrade Neto

Coorientador: Prof. Dr. Felipe Caron

IMBÉ

2024

### CIP - Catalogação na Publicação

Marques, Ana Carolina  
Componentes Antropogênicos no Sedimento Superficial  
das Margens do Complexo Estuarino-Lagunar  
Tramandaí-Armazém / Ana Carolina Marques. -- 2024.  
53 f.  
Orientador: Gerson Fernandino.

Coorientador: Felipe Caron.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus  
Litoral Norte, Curso de Ciências Biológicas: Gestão  
Ambiental Marinha e Costeira, Tramandaí, BR-RS, 2024.

1. Lixo no mar. 2. Poluição. 3. Antropoceno. 4.  
Granulometria. 5. Microantropoquina. I. Fernandino,  
Gerson, orient. II. Caron, Felipe, coorient. III.  
Título.

**ANA CAROLINA MARQUES DA SILVA**

**COMPONENTES ANTROPOGÊNICOS NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DAS  
MARGENS DO COMPLEXO ESTUARINO-LAGUNAR TRAMANDAÍ-ARMAZÉM**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para a  
obtenção do título de Bacharel em Ciências  
Biológicas, ênfase em Gestão Ambiental  
Marinha e Costeira na Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Fernandino de  
Andrade Neto

Coorientador: Prof. Dr. Felipe Caron

Aprovada em: 18 /12 /2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

Fernanda Avelar Santos

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP)

---

Luiz Liberato Cavalcanti de Albuquerque Tabajara

Seagrass Gerenciamento Costeiro Ltda.

**IMBÉ**

**2024**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, por sempre ter sido minha força e inspiração, além de toda compreensão nos momentos em que estive ausente. Esta conquista é nossa, e cada passo foi mais fácil com o apoio de vocês.

À minha mãe, Ana Maria, por todo o carinho, suporte e compreensão ao longo da minha vida, por ser minha referência de mulher, de força, amor e sabedoria.

À minha avó, Dona Otilia, por todo cuidado, pelo carinho em todas as suas formas e por ter, junto com minha mãe, garantido que nunca me faltasse nada.

Ao meu avô, Hugo (*In memoriam*), por ter sido sua melhor versão para mim, e por ter sido o primeiro a me encorajar a ingressar em uma universidade.

Ao Germano, por estar do meu lado durante todos esses anos, por todo amor, cuidado, carinho, compreensão e motivação.

À Esther, pela amizade, pelo incentivo constante, por sempre me ouvir e aconselhar e por se fazer presente, mesmo à distância.

A todos os meus amigos, com quem compartilhei momentos, risadas e histórias. Agradeço por terem sido meu refúgio e alívio ao longo dessa jornada.

Ao meu orientador, Gerson Fernandino, por me proporcionar a oportunidade de ingressar na iniciação científica, por acreditar em mim, por me encorajar e por me instigar. Seu incentivo foi fundamental no meu amadurecimento científico.

Ao meu coorientador, Felipe Caron, pelo incentivo, disponibilidade, discussões e trocas de conhecimento, que foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

Ao CECLIMAR, por ser essa bolha incrível dentro da UFRGS, que tornou minha jornada acadêmica muito mais agradável.

Aos meus amigos da BioMar, por todas as horas de estudo, regadas a muito café e fofoca. Os “surtos” ao longo desse período teriam sido muito mais corriqueiros sem vocês.

À Maria Eduarda, minha colega de laboratório e amiga. Por toda a ajuda no trabalho de campo deste projeto e por todos os momentos de descontração.

À todos os professores da BioMar, por todo conhecimento compartilhado ao longo desses anos. Tem um pouco de todos vocês na profissional que me tornei.

## RESUMO

A presença de componentes antropogênicos (CA) em diferentes ecossistemas resulta em impactos ao ambiente, à fauna, à flora e à economia e saúde humana. No sedimento, a presença deles, em especial do microplástico, é tão significativa, que se discute a possibilidade dos CA serem considerados parte da matriz sedimentar atual. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta uma análise da composição antropogênica do sedimento superficial das margens emersas do Complexo Estuarino-Lagunar Tramandaí-Armazém (CELTA). Nele, foi avaliada a ocorrência e a distribuição espacial do CA em oito pontos do CELTA, analisado quali-quantitativamente o CA encontrado nas amostras e relacionada sua ocorrência à presença de urbanização. Adicionalmente, todas as amostras de sedimento foram submetidas à análise granulométrica, com o objetivo de caracterizar o CA presente em cada uma das frações granulométricas e analisar em quais frações ele é mais representativo. Assim, foi reunido em um único estudo os dados sobre CA em amostras de sedimentos, combinados com análises granulométricas, para compreender sua distribuição espacial e seus padrões de acumulação nos sedimentos. A proporção de CA em relação aos componentes naturais (CN), demonstrou que 15% de todas as partículas encontradas nas análises eram de origem antropogênica, com predomínio de resíduos de construção e demolição (RCD) (2358 CA; 97,8%). Ademais, foram identificados 21 fragmentos metálicos (0,9%), 14 fragmentos de carvão (0,6%), 10 microplásticos secundários (0,4%), quatro fragmentos de composição mista, de papel, alumínio e plástico (0,2%) e apenas um fragmento de vidro (0,04%). Dentre os resíduos encontrados foram identificadas quatro microantropoquinas, sendo esse estudo o primeiro registro deste componente na classe de tamanho micro. A fração com maior número absoluto de CA foi 0  $\Phi$  (1 mm) (442 CA; 18,3% do total de CA) e foi observado que quanto maior a fração das partículas analisadas, maior a proporção de CA presentes. Através da análise estatística, utilizando o teste não paramétrico Mann-Whitney U, foi possível relacionar a ocorrência de CA à presença de urbanização. Conclui-se que a urbanização tem relação direta com a ocorrência de CA no CELTA, e os CA por sua vez, por serem predominantemente constituídos de partículas densas, têm provável origem local. Desta forma, evidencia-se a necessidade de que os municípios da região adotem estratégias mais eficazes na destinação de RCD.

Palavras-chave: Lixo no mar, Poluição, Antropoceno, Granulometria, Microantropoquina.

## ABSTRACT

The presence of anthropogenic components (AC) in different ecosystems results in impacts on the environment, fauna, flora, as well as human health and the economy. In sediments, their presence, particularly of microplastics, is so significant that there is discussion about the possibility of AC being considered part of the current sedimentary matrix. In this sense, the present study presents an analysis of the anthropogenic composition of the shore sediment of the Tramandaí-Armazém Estuarine-Lagoon Complex (TAELC). It assessed the occurrence and spatial distribution of AC at eight points in TAELC, quantitatively and qualitatively analyzed the AC found in the samples, and related its occurrence to the presence of urbanization. Additionally, all sediment samples underwent granulometric analysis to characterize the AC present in each of the granulometric fractions and analyze in which fractions it is most representative. Thus, data on AC in sediment samples, combined with granulometric analyses, were compiled in a single study to understand its spatial distribution and accumulation patterns in the sediments. The proportion of AC relative to natural components (NC) showed that 15% of all particles found in the analyses were of anthropogenic origin, predominantly from construction and demolition debris (CDD) (2,358 AC; 97.8%). Furthermore, 21 metallic fragments (0.9%), 14 charcoal fragments (0.6%), 10 secondary microplastics (0.4%), four mixed fragments of paper, aluminum, and plastic (0.2%), and only one glass fragment (0.04%) were identified. Among the residues found, four microanthropoquinas were identified, marking the first record of this component in the micro size class. The fraction with the highest absolute number of AC was 0  $\Phi$  (1 mm) (442 AC; 18.3% of total AC), and it was observed that the larger the particle fraction analyzed, the greater the proportion of AC present. Through statistical analysis using the non-parametric Mann-Whitney U test, it was possible to relate the occurrence of AC to the presence of urbanization. It is concluded that urbanization is directly related to the occurrence of AC in TAELC, and that AC, predominantly consisting of dense particles, is likely of local origin. Thus, there is a clear need for municipalities in the region to adopt more effective strategies for managing CDD.

Keywords: Marine Litter, Pollution, Anthropocene, Granulometry, Microanthropoquina.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|          |                                                     |
|----------|-----------------------------------------------------|
| BHRT     | Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí                 |
| CA       | Componente Antropogênico                            |
| CECLIMAR | Centro de Estudos Costeiros Limnológicos e Marinhos |
| CELTA    | Complexo Estuarino-Lagunar Tramandaí-Armazém        |
| CN       | Componente Natural                                  |
| Kg       | Curtose                                             |
| LNRS     | Litoral Norte do Rio Grande do Sul                  |
| MA       | Microantropoquina                                   |
| Md       | Mediana                                             |
| MP       | Microplástico                                       |
| Mz       | Média                                               |
| NE       | Nordeste                                            |
| NW       | Noroeste                                            |
| PCRS     | Planície Costeira do Rio Grande do Sul              |
| RCD      | Resíduos da Construção e Demolição                  |
| Sk       | Assimetria                                          |
| SW       | Sudoeste                                            |
| $\sigma$ | Desvio Padrão                                       |
| $\Phi$   | Phi                                                 |

## SUMÁRIO

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                       | <b>9</b>  |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>                        | <b>14</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL.....                         | 14        |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                  | 14        |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>               | <b>14</b> |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO.....                         | 14        |
| 3.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM.....                   | 18        |
| 3.3 AMOSTRAGEM.....                             | 20        |
| 3.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....                 | 21        |
| 3.5 ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA.....             | 23        |
| 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....          | 23        |
| 3.6.1 Análise Granulométrica.....               | 23        |
| 3.6.2 Análise de Influência da Urbanização..... | 25        |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>                       | <b>25</b> |
| 4.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....                 | 25        |
| 4.2 ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA.....             | 29        |
| 4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....          | 35        |
| <b>5. DISCUSSÃO.....</b>                        | <b>36</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>                        | <b>39</b> |
| <b>7. REFERÊNCIAS.....</b>                      | <b>41</b> |
| <b>8. APÊNDICE.....</b>                         | <b>48</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição de áreas marinhas e costeiras por componentes antropogênicos é uma problemática que gera grande preocupação, em decorrência de seus impactos ao ambiente, à fauna, à flora e à economia e saúde humana (MEIJER et al., 2021; RANGEL-BUITRAGO et al., 2023). Atualmente, todos os tipos de ecossistemas são passíveis à contaminação por materiais de origem antropogênica, já tendo sido registrados em desertos (CHANDRAKANTHAN; FRASER; HERCKES, 2023; WANG et al., 2021) montanhas (ALLEN et al., 2019; HONORATO-ZIMMER et al., 2021), na Antártica (CONVEY; BARNES; MORTON, 2002; SMITH et al., 2017), no Ártico (BERGMANN et al., 2017; OBBARD et al., 2014), na ilha da Trindade (SANTOS et al., 2022), nas fossas oceânicas (CHIBA et al., 2018) e na água e no sedimento de lagos e rios (HORTON et al., 2017). Estes estudos trazem um enfoque em partículas de plástico, que embora, em geral seja o componente antropogênico mais representativo, não é o único presente no meio ambiente. No escopo deste projeto, considera-se componente antropogênico todos os materiais criados ou processados por seres humanos.

Neste sentido, a presença contemporânea de distintos componentes antropogênicos no sedimento, como plástico, concreto e metal, evidencia diferenças claras entre o sedimento de séculos atrás, para o sedimento atual. Enquanto anteriormente era composto predominantemente por partículas minerais, orgânicas e biogênicas, a partir do século XX passou a incorporar um novo constituinte, os plásticos, especialmente microplásticos, que atualmente fornecem um sinal eficaz para o reconhecimento de sedimentos terrestres e marinhos depositados desde então (ZALASIEWICZ et al., 2016). Essas diferenças dão respaldo a um debate atual: os seres humanos mudaram a Terra a ponto de uma nova época geológica ser reconhecida? (WATERS et al., 2016). O termo Antropoceno é utilizado para denominar esta possível nova época geológica, marcada pelo impacto das atividades humanas, que resultam na alteração do Sistema Terra (CRUTZEN; STOERMER, 2000). O desenvolvimento tecnológico acelerado, o rápido crescimento da população humana e o aumento do consumo de recursos e bens de consumo são os principais responsáveis por estas mudanças (WATERS et al., 2016).

No ambiente marinho, a presença de itens de lixo pode levar à degradação de ecossistemas, e consequentemente interferir negativamente na economia (*e.g.* perdas econômicas sobre as receitas de turismo e pesca), bem como na sociedade (*e.g.* comprometendo à saúde e o bem-estar das pessoas) (UNEP, 2017). Ademais, sua presença em praias caracteriza um perigo à saúde humana pouco reconhecido, mas preocupante, uma vez

que determinados materiais constituem risco de lesões corporais (CAMPBELL et al., 2018). Os componentes antropogênicos podem ser divididos em dois tipos, de acordo com sua composição: resíduos persistentes, representados por plástico, vidro, metal, entre outros; e resíduos biodegradáveis processados, representados por alimentos, madeira, papel, couro, entre outros (COE; ANTONELIS; MOY, 2019). No que diz respeito ao seu tamanho, os resíduos presentes no ambiente podem ser classificados como: mega ( $\geq 1$  m), macro ( $< 1$  m e  $\geq 25$  mm), meso ( $< 25$  mm e  $> 5$  mm), micro ( $\leq 5$  mm e  $> 1$   $\mu$ m) e nano ( $< 1$   $\mu$ m) (GESAMP, 2019).

O plástico é considerado o tipo de resíduo persistente mais encontrado em estudos realizados em ambientes costeiros e marinhos (CHIBA et al., 2018; FRIAS et al., 2018). O microplástico (MP) ( $\leq 5$  mm) é subdividido em dois grupos, MP primário, cuja fabricação pela indústria ocorre originalmente no tamanho micro (*e.g. pellets* e microesferas) e MP secundário, que são os MP originados de itens plásticos  $> 5$ mm, seja durante a fabricação, o gerenciamento de resíduos, gerados durante o uso dos produtos (desgaste) ou degradados através da exposição ao ambiente, processo este muitas vezes intensificado pela exposição a agentes físicos (como radiação solar e energia das ondas) (GESAMP, 2019; THOMPSON et al., 2024).

A presença do plástico já foi registrada em diferentes compartimentos da Terra, no compartimento geológico (FERNANDINO et al., 2020; SANTOS et al., 2022; ZALASIEWICZ et al., 2016), no compartimento hidrológico (EERKES-MEDRANO; THOMPSON; ALDRIDGE, 2015), no compartimento atmosférico (FINNEGAN et al., 2022; ZHANG et al., 2020), e também no compartimento biológico, através da ingestão por diferentes espécies da fauna (DAUDT; BUGONI; NUNES, 2023; GALLOWAY; COLE; LEWIS, 2017; ZANTIS et al., 2020), bem como por seres humanos (KOSUTH; MASON; WATTENBERG, 2018). Integrante do compartimento geológico, o sedimento pode ser considerado um repositório de diferentes tipos de poluentes que atingem o ambiente marinho e costeiro (BURTON, 2002). Sedimento é definido como material solto, orgânico ou inorgânico, que pode ser transportado por ação de agentes físicos, como ventos, ondas, correntes e gravidade (MASSELINK; HUGHES; KNIGHT, 2011). A presença do microplástico neste compartimento é tão significativa, que se discute a possibilidade de ser considerado parte da matriz sedimentar, sendo assim um componente antrópico dos sedimentos costeiros e marinhos (FERNANDINO et al., 2015; GABBOTT et al., 2020).

Entre os resíduos sólidos gerados por atividades municipais e comerciais da sociedade moderna, os resíduos de construção e demolição (RCD) se destacam por representarem um

dos maiores fluxos de materiais descartados em aterros sanitários, superando inclusive, os resíduos sólidos urbanos (TOWNSEND et al., 2019). No Brasil, em 2022 foram gerados aproximadamente 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD). A maior parte desses resíduos foi gerada pela região Sudeste, que representou 50,6% do total, seguido pela região Nordeste com 19,6%, Sul com 14%, Centro-Oeste com 11,9% e Norte com 3,8% (ABREMA, 2023). A Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e os classifica em quatro classes (A, B, C e D). A classe A é composta de resíduos reutilizáveis ou recicláveis, tais como brita, tijolo e concreto. A classe B é composta de resíduos recicláveis para outras destinações, como plástico, metal e vidro. A classe C inclui resíduos para os quais ainda não existem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que possibilitem sua reciclagem ou recuperação. A classe D abrange resíduos perigosos gerados no processo de construção, como tintas, solventes e óleos, além de materiais contaminados ou prejudiciais à saúde provenientes de demolições, reformas e reparos em clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

A origem dos componentes antropogênicos no ambiente costeiro e marinho pode ser tanto de fonte terrestre, com a gestão inadequada de resíduos sólidos, turismo e indústria, quanto de fonte marinha, com o transporte de cargas, pesca e plataformas marítimas (JAMBECK et al., 2015). Estima-se que cerca de 80% do lixo presente no ambiente marinho é proveniente de fontes terrestres, com os 20% restantes sendo decorrente de fontes marinhas (TROUWBORST, 2011). Além disso, os sistemas fluviais podem ser a principal rota de transporte de componentes antropogênicos para o ambiente marinho. Mais especificamente, no caso do plástico, estima-se que os rios são responsáveis pelo transporte de 2,7 milhões de toneladas do material para o oceano anualmente, sendo que os locais mais a jusante da bacia hidrográfica apresentam maior probabilidade de efetivamente transportar estes resíduos para o oceano (MEIJER et al., 2021).

Ao considerar que 80% do lixo encontrado em ambiente marinho tem origem terrestre, os ambientes lagunares-estuarinos assumem uma importância particular. São áreas de transição, que conectam as águas continentais com os oceanos (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002), sendo assim, possíveis portas de entrada do lixo de origem terrestre, no ambiente marinho (WILLIAMS; SIMMONS, 1997). Estes ambientes são sistemas mixohalinos, que passam por processos de mudanças periódicas na salinidade, em decorrência da influência das marés, fluxos de água doce, ventos e tempestades (Farion, 2007).

No estado do Rio Grande do Sul, Brasil, ocorrem cinco sistemas estuarinos: Rio Mampituba, Laguna Tramandaí, Lagoa do Peixe, Laguna dos Patos e Arroio Chuí. A Laguna Tramandaí, situada no litoral norte do Estado, é um ambiente que abriga uma rica diversidade de fauna, incluindo espécies de diferentes classes, algumas das quais se encontram ameaçadas de extinção (CAMARGO et al., 2020). Entre essas espécies estão o bagre-marinho (*Genidens barbatus* Lacepède, 1803) (EN), o trinta-réis-real (*Thalasseus maximus* Boddaert, 1783) (EN) e o boto-de-Lahille, (*Tursiops gephyreus* Lahille 1908) (EN) (BRASIL, 2022) e que desde 1990 é considerado Patrimônio Natural do município de Imbé (IMBÉ, 1990).

O CELTA está situado entre três municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul (LNRS), Osório, Tramandaí e Imbé. O perfil econômico destes municípios é caracterizado, principalmente, pelo setor de serviços e comércio (SEBRAE, 2020a, 2020b, 2020c). A cidade de Osório possui uma população de 47.400 habitantes, Tramandaí possui 54.387 habitantes, enquanto a cidade de Imbé abriga 26.824 habitantes (IBGE, 2022a, 2022b, 2022c). Na área defrontante com o mar de Osório, a praia de Atlântida Sul apresenta uma população permanente de 1.114 habitantes (ZUANAZZI; BARTELS, 2016). Durante os meses de verão, as praias do LNRS tornam-se destinos populares para turistas, resultando em um expressivo aumento da população temporária nessas localidades. Nesse período, estima-se que ocorra um crescimento populacional de 101,3% em Tramandaí, de 196,1% em Imbé e de 499,2% em Atlântida Sul, podendo ser ainda mais acentuado em feriados, como Ano Novo e Carnaval (ZUANAZZI; BARTELS, 2016).

A laguna atrai diferentes atores sociais, sendo frequentada por turistas, moradores locais, pescadores amadores e pescadores artesanais (CAMARGO et al., 2020). Entretanto, é importante considerar que atividades recreativas e econômicas em praias podem contribuir para o aporte de lixo ao ambiente marinho (ASENSIO-MONTESINOS et al., 2019). Ademais, ocorrem no entorno da laguna algumas atividades antrópicas, potencialmente impactantes do ambiente, como silvicultura, cultivo de arroz irrigado e a intensa expansão urbana, que drena áreas úmidas e lança esgoto não tratado no ambiente (CASTRO; ROCHA, 2016). Essa relação entre urbanização e CA já foi observada em outros ambientes estuarinos (RIBEIRO et al., 2021; WANG et al., 2018). Nesse contexto, o presente estudo visa compreender a ocorrência e distribuição de resíduos antropogênicos no Complexo Estuarino-Lagunar Tramandaí-Armazém (CELTA), área que é definida como prioridade muito alta para conservação da biodiversidade brasileira (BRASIL, 2007). Para isso pretende-se responder a seguinte pergunta científica: Quais são os componentes antropogênicos presentes no sedimento superficial das margens emersas do Complexo Estuarino-Lagunar

Tramandaí-Armazém, como estão distribuídos espacialmente e quais fatores influenciam sua ocorrência e variação?

A presença de componentes antropogênicos em ambientes costeiros representa riscos à saúde humana, animal e ecossistêmica. No CELTA, foi registrada a contaminação por microplástico no compartimento biológico (LUZ, 2018) e no compartimento hidrológico (CORRÊA et al., 2021). No entanto, até o momento, não há registros acerca da presença (ou ausência) deste tipo de poluente no compartimento atmosférico e geológico. Nesse contexto, o presente estudo pretende apresentar informações pioneiras sobre a poluição por componentes antropogênicos no compartimento geológico da área em análise.

Outro importante aspecto a ser ressaltado é que o presente estudo está alinhado com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotada em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU). A Agenda 2030 é composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), compreendendo 169 metas, que integram as dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável. Dentre os 17 ODS, o objetivo 14: Vida na Água, está diretamente relacionado à temática abordada nesta pesquisa, mais especificamente à meta 14.1, que visa até 2025 prevenir e reduzir de forma significativa a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a de fonte terrestre (ONU, 2020). Ademais, em 2017 a ONU declarou que o período entre os anos de 2021 a 2030 seria estabelecida a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (também chamada de a Década do Oceano), que visa chamar atenção para a importância dos oceanos, bem como mobilizar todos os atores da sociedade em ações que favoreçam a saúde e a sustentabilidade deste ecossistema (UNESCO, 2019). Dentro desse contexto, este projeto desempenha um papel ativo na geração de informações para a concretização dessas metas globais e na promoção de um futuro mais sustentável.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente estudo é avaliar a ocorrência e distribuição espacial dos componentes antropogênicos no sedimento superficial das margens emersas do Complexo Estuarino-Lagunar Tramandaí-Armazém.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Analisar quali-quantitativamente os componentes antropogênicos presentes na área de estudo;
- II. Avaliar se há variação espacial desses componentes;
- III. Inferir possíveis fatores responsáveis por sua ocorrência e variação espacial.

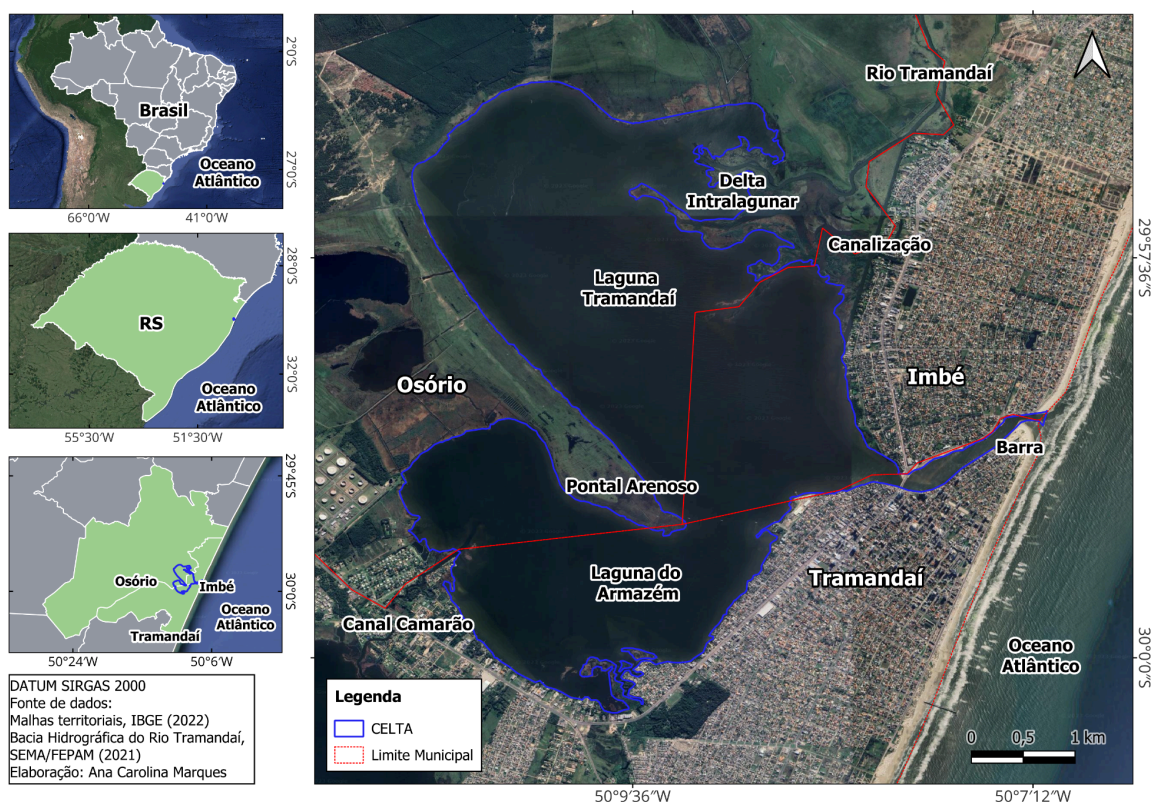
## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) abrange aproximadamente 33.000 km<sup>2</sup>, estendendo-se por cerca de 620 km, desde o município de Torres até o Chuí, na divisa com o Uruguai. Essa planície é predominantemente formada por sedimentos siliciclásticos, compostos essencialmente de quartzo, bem-selecionados e de granulometria fina, embora as barreiras pleistocênicas apresentem também sedimentos siltico-argilosos (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995 *apud* BUCHMANN et al., 2009). Na PCRS ocorrem quatro sistemas deposicionais laguna-barreira, designados do mais antigo para o mais recente, como sistemas Laguna-Barreira I, II, III e IV (BUCHMANN et al., 2009). Esses sistemas deposicionais são típicos de costas que estiveram ou estão sujeitas a regimes transgressivos do nível do mar (DAVIS JR., 1983). Eles se destacam pela presença de extensos depósitos arenosos dispostos paralelamente à linha de costa, que isolam corpos lagunares no interior (espaço de retrobarreira), conectados ao mar por um ou mais canais de ligação (*inlets*) ((BUCHMANN et al., 2009). O Sistema Laguna-Barreira IV é o mais recente desses sistemas, tendo sua origem associada ao evento transgressivo marinho de 6 ka AP, iniciado há 18 ka AP (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995 *apud* BUCHMANN et al., 2009). Nesse sistema ocorre a formação do rosário de lagoas do litoral norte, onde está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT).

A BHRT tem área de drenagem de 2.978,11 km<sup>2</sup> e cerca de 150km de orla marítima, sendo dividida em 5 sub-bacias: 1) rio Maquiné; 2) rio Três Forquilhas; 3) arroio da Sanga Funda; 4) arroio Cardoso e 5) Complexo Lagunar (CASTRO, 2019). A área de estudo compreende o Complexo Estuarino-Lagunar Tramandaí-Armazém, localizado no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas 29° 55' 49" e 30° 00' 56" de latitude Sul e 50° 06' 21" e 50° 11' 20" de longitude Oeste (TOMAZELLI; VILLWOCK, 1991) (Figura 1). O referido estuário, inserido na BHRT, localiza-se entre os municípios de Osório, Tramandaí e Imbé, e é constituído pela união de dois corpos aquosos separados parcialmente por um pontal arenoso: a Laguna Tramandaí, ao norte; e a Laguna do Armazém, ao Sul. O Sistema Lagunar apresenta baixa profundidade, com uma média de 1 metro. A Laguna de Tramandaí exibe variações de profundidade entre 0,5 a 1,4 metros, enquanto a Laguna do Armazém varia entre 0,5 a 1 metro (TABAJARA; DILLENBURG, 1997).

*Figura 1 - Mapa da área de estudo com as principais localizações relevantes.*



Fonte: Autora (2024).

O CELTA tem conexão com o Oceano Atlântico através de um canal de ligação (*inlet*) (29°58'30"S/50°07'00"W), chamado popularmente de Barra do Rio Tramandaí, que é fixado por um guia-corrente ao longo da margem esquerda (SILVA; TOLDO; WESCHENFELDER,

2017), que garante a manutenção da abertura do canal e estabilização de sua posição ao longo de todo o ano, permitindo o fluxo de material, energia e o trânsito de embarcações. É através do canal que a água salgada é introduzida no Sistema. Por outro lado, o aporte de água doce é proveniente principalmente do chamado “Rio Tramandaí”, situado ao norte do corpo lagunar e, secundariamente, do Canal Camarão, chamado popularmente de Arroio Camarão, situado ao sul do corpo lagunar (TOMAZELLI; VILLWOCK, 1991).

Além de fornecer água doce para a laguna, o “Rio Tramandaí” também contribui com aporte de sedimentos de granulação fina, como silte e argila. Na sua foz, é possível identificar a formação de um delta intralagunar com três lóbulos distintos, que se estendem por mais de 2 km em direção ao centro da laguna. Esse avanço é resultado da baixa profundidade do ambiente, que propicia o desenvolvimento horizontal desse delta (TOMAZELLI; VILLWOCK, 1991). A leste do delta, foi realizada uma obra de canalização artificial, resultando em uma modificação na trajetória do rio. Por consequência, atualmente, a drenagem flui predominantemente em direção a essa região, bem como o fluxo da carga sedimentar (TABAJARA, 1994). O Canal Camarão liga a Laguna do Armazém à Lagoa das Custódias, mais ao sul, mas não apresenta contribuição significativa de sedimentos para o estuário (TABAJARA, 1994). Este fato, somado à baixa profundidade da laguna do Armazém ( $< 1$  m), resulta na predominância de sedimentos mais grossos (areia fina e muito fina) (TABAJARA, 1994). De modo geral, a distribuição textural dos sedimentos do fundo da Laguna Tramandaí segue o padrão clássico de sedimentação lacustre, os sedimentos mais grossos, como areia fina e muito fina, estão presentes nas margens e em áreas mais rasas, com profundidades de até 1 metro, enquanto os sedimentos mais finos, como argila e silte, permanecem em áreas mais profundas (TABAJARA, 1994).

Tabajara & Dillenburg (1997) analisaram os sedimentos de fundo do CELTA, diferenciando os depósitos das margens submersas (profundidade  $< 1$  m) com base na localização e no nível de energia deposicional associado ao vento dominante (NE). A partir dessa análise, identificaram quatro subambientes: Margem SW da lagoa de Tramandaí; Margem NE da lagoa de Tramandaí, Margem a sotavento do vento dominante (NE) da lagoa do Armazém e Margem do lóbulo deltaico central do delta do “Rio Tramandaí”.

- Margem SW da lagoa de Tramandaí: diretamente expostas aos ventos predominantes (NE), estando assim submetidas aos níveis mais altos de energia das ondas.

Areia fina: Média (Mz) entre 2,22 e 2,28 phi ( $\Phi$ ); seleção moderada a boa, aproximadamente simétrica a positiva; Curtose (Kg): leptocúrtica.

- Margem NW da lagoa de Tramandaí: localizadas paralelas à direção dos ventos principais (NE), apresentam energia moderada de onda.

Areia fina: Mz entre 2,39 e 2,57  $\Phi$ ; seleção moderada a boa; aproximadamente simétrica; Kg: mesocúrtica.

- Margem a sotavento do vento dominante (NE) da lagoa do Armazém: margens abrigadas do vento, com os menores níveis de energia de onda.

Silte: Mz entre 4,16 a 4,26  $\Phi$ ; seleção pobre a muito pobre; assimetria muito positiva; Kg: leptocúrtica a muito leptocúrtica.

- Margem do lóbulo deltaico central do delta do “rio Tramandaí”: margem composta predominantemente por areias muito finas, originadas dos distributários do delta do “rio Tramandaí”. Esses sedimentos são retrabalhados por ondas e correntes lagunares, que resultam na remoção de partículas mais finas.

Areia muito fina: Mz entre 3,50 e 3,75  $\Phi$ ; seleção moderada a pobre; assimetria aproximadamente simétrica; Kg: mesocúrtica.

Ademais, neste trabalho os autores relataram que a urbanização já interferia na natureza e composição sedimentológica do CELTA, bem como, nos processos hidrogeológicos, por meio de dragagens, aterros e despejos domésticos.

O clima da área de estudo, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical úmido, sem estação seca e com verão quente, com temperatura média em torno de em torno de 20 °C. (ALVARES et al., 2013) e precipitação média é de 1.311,9 mm, em geral uniforme durante o ano, embora apresente um pequeno aumento durante o inverno (HASENACK; FERRARO, 1989). A maré astronômica da costa do Rio Grande do Sul é classificada como micromaré, mista, semi-diurna, com amplitude média de 0,31m (ALMEIDA; ROSAURO; TOLDO, 1997; ANDRADE; TOLDO; NUNES, 2018). Os efeitos meteorológicos, como vento e precipitação, associados, principalmente, a ciclones extratropicais e sistemas frontais, exercem uma influência predominante sobre os efeitos astronômicos, levando a uma variação de 1,2 m do nível normal, assim garantindo uma notável entrada de água salgada no estuário (ALMEIDA; ROSAURO; TOLDO, 1997). A dinâmica dos ventos é controlada pelos sistemas de alta pressão tropical e polar, representados pelo Anticiclone Tropical do Atlântico Sul e pelo Anticiclone Polar Migratório (NIMER, 1989). Na maior parte dos meses do ano, predominam ventos do quadrante nordeste, com exceção de junho. No entanto, ocorrem variações sazonais no regime dos ventos. Durante o outono e inverno, há um aumento percentual na frequência dos ventos do quadrante sul (TOMAZELLI, 1990 *apud* TABAJARA, 1994). Essas mudanças no regime de ventos influenciam a ação das marés

meteorológicas, a circulação lagunar e a drenagem do sistema lagunar para o mar. Essa oscilação na direção do vento incidente resulta ora no transporte de água em direção ao continente, ora no sentido oceano aberto devido ao fenômeno conhecido como Transporte de Ekman. O Transporte de Ekman é um efeito que, no Hemisfério Sul, resulta no movimento da camada superficial da água em um ângulo de 90° para a esquerda em relação ao vento incidente (GARRISON, 2016). Na área de estudo, esse transporte favorece o escoamento da água da lagoa para o mar quando incidem ventos do quadrante nordeste por tempo e com intensidade suficientes. Por outro lado, aqueles oriundos do quadrante sul transportam a água em direção ao continente, provocando a incursão de água marinha e o acúmulo de água dentro do sistema lagunar, elevando o nível da laguna.

No estuário de Tramandaí, ocorre uma variação sazonal e espacial na salinidade. Durante os meses mais secos (outubro/novembro), quando os ventos de nordeste predominam na região, é registrado menor teor de salinidade. Em contrapartida, nos meses mais úmidos (agosto/setembro), quando há um aumento percentual na frequência dos ventos do quadrante sul, é registrado maior teor de salinidade (TABAJARA, 1994). No que diz respeito à variação espacial, é registrada uma sequência crescente nos índices de salinidade, da menor à maior, nas seguintes localidades: “Rio Tramandaí”, Laguna Tramandaí, Laguna Armazém e desembocadura do complexo estuarino-lagunar (TABAJARA, 1994). Adicionalmente, o vento induz ondas e correntes dentro do ambiente lagunar, que afetam o sedimento do fundo em uma profundidade de até 1 m. Para a região, predominam durante o ano ventos de NE, que em velocidade média anual de 5,7 m/s, geram ondas com altura de 0,1 m e períodos de 1,2 segundos (DILLENBURG et al., 1992 *apud* TABAJARA, 1994). A hidrodinâmica lagunar, estabelecida pela ação dessas ondas e correntes, resulta no padrão geral da distribuição dos sedimentos lagunares. A partir de análises do padrão de ondas que incidem na margem SW da Lagoa de Tramandaí (DILLENBURG et al., 1992 *apud* (TABAJARA; DILLENBURG, 1997), sugere-se que as correntes de fundo podem movimentar sedimentos de até 2,0 mm de diâmetro, portanto na interface areia muito grossa-grânulo, ao longo da margem submersa (< 1m) (TABAJARA; DILLENBURG, 1997). No entanto, as análises dos sedimentos disponíveis na bacia sedimentar indicam que o diâmetro encontrado não ultrapassa 0,5 mm (areia grossa-areia média) (TABAJARA, 1994).

### 3.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

A escolha da localização dos pontos de amostragem foi conduzida visando representar as diferentes zonas e características do CELTA. Os pontos de amostragem foram selecionados

com base em critérios geográficos, hidrodinâmicos e influência antrópica. Foram selecionados oito pontos de amostragem, sendo um deles localizado na Laguna do Armazém, cinco na Laguna de Tramandaí, um no “Rio Tramandaí” e um na porção final do canal de ligação da laguna com o Oceano Atlântico (Figura 2) (Figura 3).

- Ponto 1: Margem do “Rio Tramandaí” (P1)
- Ponto 2: Delta Intralagunar (P2)
- Ponto 3: Margem Lagunar - Osório (P3)
- Ponto 4: Margem Lagunar - CECLIMAR (P4)
- Ponto 5: Barra (*Inlet* - Lado de Tramandaí) (P5)
- Ponto 6: Ponte Giuseppe Garibaldi (P6)
- Ponto 7: Centro de Eventos Municipal de Tramandaí (P7)
- Ponto 8: Canal Camarão (P8)

O acesso aos pontos 1 (“Rio Tramandaí”), 2 (Delta Intralagunar) e 3 (Margem Lagunar - Osório) é possível somente por transporte aquático. Para concretizar a coleta nestes pontos, foi contratada uma embarcação terceirizada. Quanto ao restante dos pontos, o acesso a eles foi realizado por transporte terrestre.

*Figura 2 - Mapa da área de estudo com os pontos de amostragem identificados.*



Fonte: Autora (2024).

*Figura 3: Visão geral dos pontos de amostragem.*



Fonte: Autora (2024).

### 3.3 AMOSTRAGEM

Para a realização da pesquisa proposta, foi conduzida uma campanha de campo no verão de 2024 (fevereiro), estação com predomínio de ventos do quadrante nordeste. Esse padrão de vento favorece o escoamento da água da lagoa para o mar, permitindo o acesso a todos os pontos de amostragem que, em alguns casos, só podem ser acessados quando o nível da água está baixo, como no caso do delta intralagunar. As coletas foram realizadas de forma única em porções representativas das características gerais de cada ponto amostral. As amostras de sedimento foram coletadas nas margens emersas, especificamente na linha de deixa de maré alta de cada praia. Com o auxílio de uma colher de inox grande, foi coletada a camada superficial dos sedimentos, até uma profundidade de 5 cm, aproximadamente 3 colheradas por ponto. O material foi armazenado em saco plástico *zip-lock*, devidamente rotulado, junto à identificação do ponto em papel vegetal. Frações destas amostras foram

utilizadas para análise granulométrica, bem como análise quali-quantitativa do componente antropogênico presente no sedimento, como descrito abaixo.

### 3.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica dos sedimentos foi realizada por peneiramento a seco, no Laboratório de Sedimentologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizado nas dependências do Centro de Estudos Costeiros Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR). A metodologia de análise granulométrica utilizada neste estudo é baseada no método descrito por Suguio (1973). Inicialmente, o sedimento coletado foi seco em estufa a 50 °C (Figura 4). Após a secagem, o material foi desagregado com o uso de cadinho e pistilo de cerâmica. Em seguida, as amostras foram quarteadas para garantir uma representação homogênea do material. A fração quarteada foi pesada para determinar a massa inicial, que serviu para representar a frequência de cada fração obtida no peneiramento, além de permitir a estimativa de eventuais perdas, consideradas aceitáveis até 0,5 % do peso original. Para a análise granulométrica, foi realizado peneiramento manual, utilizado um conjunto de peneiras com intervalo de 0,5 *phi* ( $\Phi$ ) (KRUMBEIN, 1934), com malhas de -1,0 a 4,0  $\Phi$  (2,0 mm a 0,062 mm). O conjunto de peneiras foi então submetido a vibrações por movimentos laterais e circulares alternados, permitindo que as partículas passassem através das diferentes malhas. Após o processo de peneiramento, a quantidade de amostra retida em cada peneira foi pesada em balança de precisão e posteriormente transformada em porcentagem (Figura 5). O material retido na malha -1  $\Phi$  foi agrupado de forma conjunta para posterior análise quali-quantitativa. As frações granulométricas foram classificadas em areia grossa (-1,0  $\Phi$  a 0,5  $\Phi$ ), areia média (1,0  $\Phi$  a 2,0  $\Phi$ ) e areia fina (2,5  $\Phi$  a 4,0  $\Phi$ ).



### 3.5 ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA

Após a análise granulométrica, as amostras passaram por um processo de triagem para análise quali-quantitativa, com o objetivo de avaliar a composição das amostras, classificando-as em componentes naturais (*e.g.*, minerais) e componentes antropogênicos (*e.g.*, materiais de construção). Para realizar essa avaliação, foi analisada uma parcela aleatória de 300 grãos em 10 frações granulométricas (entre  $-1,0 \Phi$  e  $3,5 \Phi$ ), de cada uma das oito amostras. A fração de  $4 \Phi$  não foi incluída na análise de componentes antropogênicos devido às limitações físicas de identificação pelo método visual. O material retido na peneira com malha de  $-1,0 \Phi$  foi medido e classificado individualmente, sendo subdividido nas classes granulométricas: grânulo (2 - 4 mm;  $-1,0 \Phi$ ), seixo (4 - 64 mm,  $-2,0 \Phi$ ) e bloco (64–256 mm;  $-6,0 \Phi$ ), pois por serem predominantemente classificados como componentes antropogênicos, precisavam ser medidos para classificação do tamanho, conforme explicado a seguir. Com o auxílio de um estereomicroscópio, utilizando pinça e agulha, as partículas foram visualmente identificadas e categorizadas em dois principais critérios: o tamanho, considerando os padrões estabelecidos para resíduos (mega ( $\geq 1$  m), macro ( $< 1$  m e  $\geq 25$  mm), meso ( $< 25$  mm e  $> 5$  mm) e micro ( $\leq 5$  mm e  $> 1 \mu\text{m}$ )) (GESAMP, 2019) e a composição (plástico, vidro, metal, papel, RCD ou material biodegradável processado). A fração de tamanho nano ( $< 1 \mu\text{m}$ ) não foi analisada devido à necessidade de métodos específicos. Da mesma forma, as microfibras não foram incluídas neste estudo por ausência de controle adequado durante a coleta e tratamento das amostras.

Os componentes identificados como prováveis microplásticos foram confirmados por meio do teste da agulha quente, que consiste em aplicar uma ponta de agulha aquecida sobre cada partícula plástica para verificar se ela derrete (CAMPBELL; WILLIAMSON; HALL, 2017). Cabe aqui destacar que o método visual foi utilizado devido à sua aplicação prática e à capacidade de identificar os diferentes componentes visíveis nas amostras. Embora outros métodos, como a flotação, possam ser utilizados em estudos sobre MP (HIDALGO-RUZ et al., 2012), as partículas mais densas, como RCD, seriam excluídas.

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

#### 3.6.1 Análise Granulométrica

O tratamento estatístico dos dados de granulometria foi realizado por meio do programa SYSGRAN 3.0® (CAMARGO, 2006), possibilitando a interpretação da distribuição por meio de histogramas de frequências simples e do gráfico de curvas de frequência acumulada. Os dados foram analisados de acordo com os parâmetros estatísticos

descritos por Folk e Ward (1957), sendo eles: média (Mz), mediana (Md) desvio padrão ( $\sigma$ ), assimetria (Sk) e curtose (Kg).

A média representa a distribuição média dos tamanhos de partículas. A mediana representa o tamanho do diâmetro de grão que divide a distribuição em duas partes iguais, ou seja, metade dos grãos são mais finos e metade são mais grossos que esse valor.

O desvio padrão representa o grau de dispersão dos tamanhos de grãos em relação à média, evidenciando a variação presente dentro da amostra. Esse parâmetro está relacionado à uniformidade do sedimento, sendo um indicador de sua seleção. A nomenclatura adotada para os valores deste parâmetro foram as seguintes:

- $\sigma < 0,35$ : Muito bem selecionado
- $0,35 \leq \sigma < 0,50$ : Bem selecionado
- $0,50 \leq \sigma < 1,00$ : Moderadamente selecionado
- $1,00 \leq \sigma < 2,00$ : Pobremente selecionado
- $2,00 \leq \sigma < 4,00$ : Muito pobremente selecionado
- $\sigma \geq 4,00$ : Extremamente pouco selecionado

A assimetria indica se a frequência está distribuída de maneira equilibrada em torno da média, formando uma curva de frequência simples em forma de sino (onde a assimetria é zero) ou se há uma inclinação para um lado. A presença significativa de grãos grossos gera uma assimetria negativa, enquanto a presença de grãos finos de forma significativa gera uma assimetria positiva. Para os valores de assimetria, foi adotada a seguinte nomenclatura:

- $-1 \leq Sk < -0,30$ : assimetria muito negativa
- $-0,30 \leq Sk < -0,10$ : assimetria negativa
- $-0,10 \leq Sk \leq +0,10$ : aproximadamente simétrica
- $+0,10 < Sk \leq +0,30$ : assimetria positiva
- $+0,30 < Sk \leq +1,00$ : assimetria muito positiva

A curtose representa a discrepância entre altura de uma classe em relação às outras. Quanto maior essa diferença, maior será a curtose da amostra. A classificação para a curtose adotou os seguintes limites:

- $kg < 0,67$ : muito platicúrtica
- $0,67 \leq kg < 0,90$ : platicúrtica
- $0,90 \leq kg < 1,11$ : mesocúrtica
- $1,11 \leq kg < 1,50$ : leptocúrtica
- $1,50 \leq kg \leq 3,00$ : muito leptocúrtica
- $kg > 3,00$ : extremamente leptocúrtica

### 3.6.2 Análise de Influência da Urbanização

Para avaliar a influência da urbanização sobre o número de componentes antropogênicos (CA) nos pontos de amostragem, foi realizada uma análise estatística em duas etapas. Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, utilizando o programa PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001), para verificar a normalidade da distribuição. O valor-p obtido foi de 0,003463, o que é inferior ao nível de significância adotado (0,05). Portanto, rejeitou-se a hipótese nula de normalidade, indicando que a distribuição dos dados de CA não segue uma distribuição normal. Sendo assim, foi necessário utilizar um método não paramétrico, por ser o mais adequado para distribuições assimétricas e dados de amostras pequenas. Desta forma, para avaliar a influência da urbanização na quantidade de CA encontrada em cada ponto, aplicou-se o teste de Mann-Whitney U, um teste não paramétrico apropriado para comparar medianas entre dois grupos independentes. A variável de grupo foi definida como "Urbanização", sendo categorizada em "sim" para os pontos urbanizados e "não" para os pontos sem urbanização. A hipótese nula foi definida em "A urbanização não influencia significativamente o número de componentes antropogênicos (CA) entre os pontos". Esse teste foi realizado no ambiente R versão 4.4.2 (R CORE TEAM, 2024) e os dados foram organizados em um data frame contendo os valores de CA e CN (componentes naturais) para cada ponto. A representação gráfica dos dados de análise granulométrica e de análise quali-quantitativa foi realizada no mesmo ambiente.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Através da realização de análises granulométricas foi possível observar variações significativas na distribuição dos tamanhos de partículas ao longo da área de estudo (Tabela 1). Essas variações, evidenciadas pelos histogramas (Figura 6), resultam em diferenças na classificação granulométrica e no grau de seleção das amostras (Tabela 2).

Tabela 1 - Valores das porcentagens de cada fração em  $\Phi$  das amostras analisadas.

|    | -1 $\Phi$ | -0,5 $\Phi$ | 0 $\Phi$ | 0,5 $\Phi$ | 1 $\Phi$ | 1,5 $\Phi$ | 2 $\Phi$ | 2,5 $\Phi$ | 3 $\Phi$ | 3,5 $\Phi$ | 4 $\Phi$ |
|----|-----------|-------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| P1 | 0,00      | 0,00        | 0,00     | 0,00       | 0,00     | 0,01       | 0,75     | 28,67      | 56,38    | 12,75      | 1,43     |
| P2 | 0,00      | 0,00        | 0,00     | 0,00       | 0,00     | 0,00       | 0,01     | 0,11       | 51,51    | 46,08      | 2,29     |
| P3 | 0,00      | 0,00        | 0,00     | 0,12       | 2,39     | 41,04      | 53,13    | 2,74       | 0,42     | 0,10       | 0,06     |
| P4 | 19,53     | 1,08        | 0,80     | 1,72       | 2,55     | 5,48       | 42,00    | 16,57      | 8,33     | 1,67       | 0,25     |
| P5 | 0,00      | 0,00        | 0,00     | 0,00       | 0,01     | 0,03       | 8,70     | 41,85      | 40,51    | 8,63       | 0,27     |
| P6 | 0,02      | 0,00        | 0,01     | 0,03       | 0,09     | 0,23       | 14,89    | 49,90      | 31,21    | 3,43       | 0,19     |
| P7 | 51,42     | 5,52        | 2,71     | 3,42       | 2,70     | 2,75       | 16,46    | 11,57      | 3,00     | 0,36       | 0,09     |
| P8 | 27,52     | 1,03        | 0,60     | 1,07       | 0,94     | 1,33       | 9,14     | 26,54      | 23,21    | 7,98       | 0,63     |

Fonte: Autora (2024).

Tabela 2 - Classificação verbal granulométrica.

|    | Média | Classificação | Mediana | Seleção | Classificação             | Assimetria | Classificação             | Curtose | Classificação      |
|----|-------|---------------|---------|---------|---------------------------|------------|---------------------------|---------|--------------------|
| P1 | 2,64  | Areia fina    | 2,68    | 0,37    | Bem selecionado           | -0,05      | Aproximadamente simétrica | 1,10    | Mesocúrtica        |
| P2 | 3,00  | Areia fina    | 2,98    | 0,31    | Muito bem selecionado     | 0,05       | Aproximadamente simétrica | 0,74    | Platicúrtica       |
| P3 | 1,54  | Areia média   | 1,56    | 0,32    | Muito bem selecionado     | -0,11      | Negativa                  | 0,75    | Platicúrtica       |
| P4 | 1,08  | Areia média   | 1,72    | 1,25    | Pobremente selecionado    | -0,45      | Muito negativa            | 1,06    | Mesocúrtica        |
| P5 | 2,50  | Areia fina    | 2,49    | 0,42    | Bem selecionado           | 0,02       | Aproximadamente simétrica | 0,97    | Mesocúrtica        |
| P6 | 2,39  | Areia fina    | 2,35    | 0,40    | Bem selecionado           | 0,05       | Aproximadamente simétrica | 0,97    | Mesocúrtica        |
| P7 | 0,23  | Areia grossa  | -0,97   | 0,95    | Moderadamente selecionado | 1,64       | Aproximadamente simétrica | 0,48    | Muito platicúrtica |
| P8 | 1,47  | Areia média   | 2,16    | 1,37    | Pobremente selecionado    | -0,49      | Muito negativa            | 0,39    | Muito platicúrtica |

Fonte: Autora (2024).

A amostra P1 apresentou tamanho médio de grão ( $M_z$ ) de 2,64  $\Phi$ , mediana ( $M_d$ ) de 2,68  $\Phi$  e seleção de 0,37, sendo classificada como areia fina, bem selecionada. Foi avaliada com assimetria ( $S_k$ ) aproximadamente simétrica (-0,05) e valor de curtose ( $K_g$ ) de 1,09, caracterizando-a como mesocúrtica, conforme apresentado na Tabela 2. Esses resultados são ilustrados no histograma (Figura 6 a) e no gráfico de frequência acumulada, que apresentam as características observadas na análise granulométrica da amostra.

A amostra P2 apresentou  $M_z$  de 2,99  $\Phi$ ,  $M_d$  de 2,98  $\Phi$ , e  $\sigma$  de 0,31, caracterizando-a como areia fina, muito bem selecionada. A  $S_k$  foi aproximadamente simétrica (0,05), e a  $K_g$

de 0,74 indicou uma distribuição platicúrtica, conforme demonstrado na Tabela 2 e no histograma (Figura 6b).

A amostra P3 teve  $M_z$  de 1,53  $\Phi$ ,  $M_d$  de 1,56  $\Phi$  e  $\sigma$  de 0,32, sendo classificada como areia média, muito bem selecionada. Apresentou  $Sk$  negativo (-0,10) e  $K_g$  de 0,74, enquadrando-se como platicúrtica (Tabela 2) (Figura 6c).

A amostra P4 obteve  $M_z$  de 1,08  $\Phi$ ,  $M_d$  de 1,72  $\Phi$  e  $\sigma$  de 1,25, sendo categorizada como areia média, pobremente selecionada. A  $Sk$  foi muito negativa (-0,45) e a  $K_g$  de 1,05, indicando uma distribuição mesocúrtica (Tabela 2) (Figura 6d).

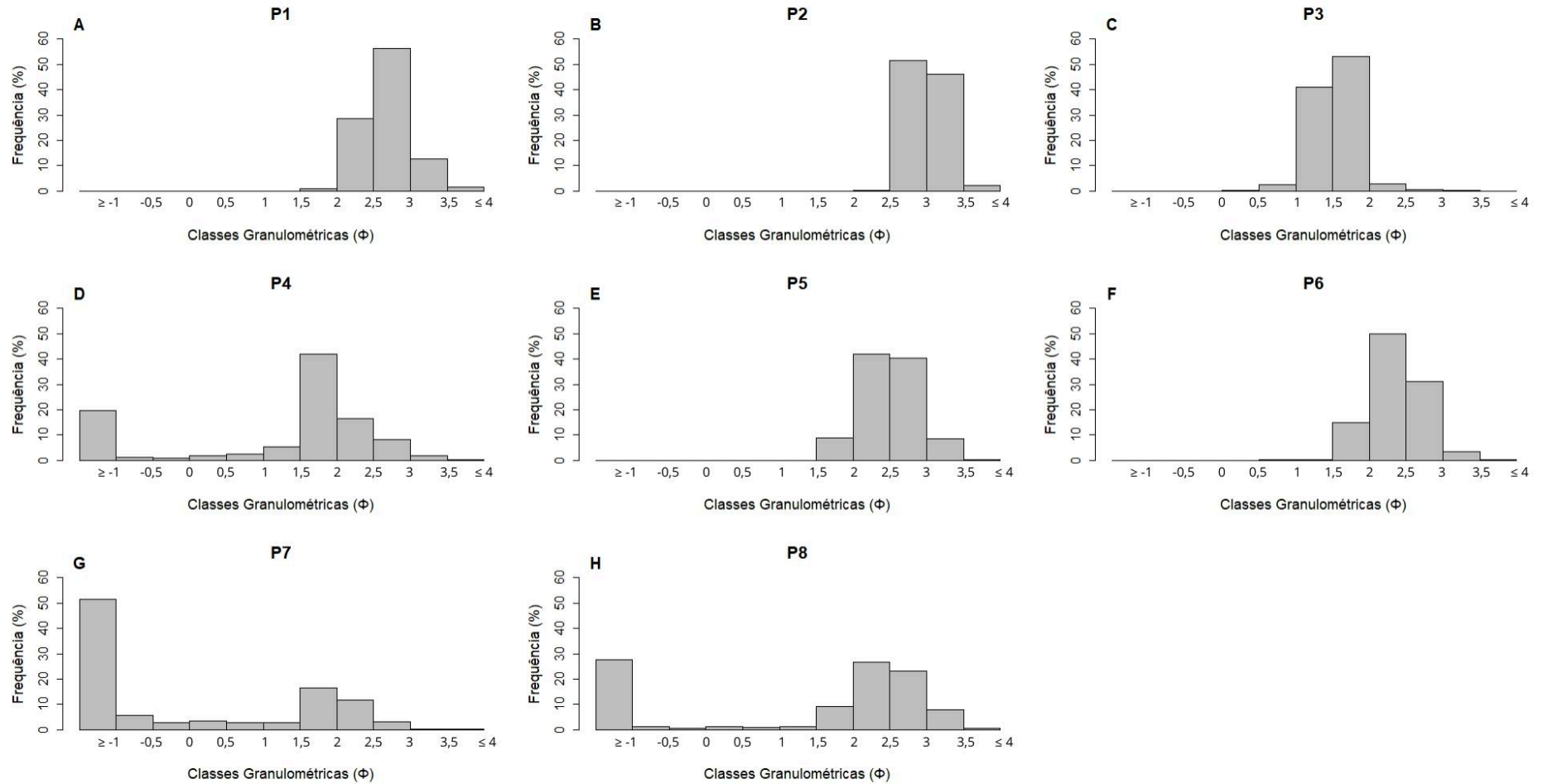
A amostra P5 apresentou  $M_z$  de 2,49  $\Phi$ ,  $M_d$  de 2,49  $\Phi$  e  $\sigma$  de 0,42, caracterizando-a como areia fina, bem selecionada. A  $Sk$  foi aproximadamente simétrica (0,01) e a  $K_g$  de 0,97, equivalente a uma distribuição mesocúrtica (Tabela 2) (Figura 6e).

A amostra P6 teve  $M_z$  de 2,38  $\Phi$ ,  $M_d$  de 2,34  $\Phi$  e  $\sigma$  de 0,39, sendo classificada como areia fina, bem selecionada. Apresentou  $Sk$  aproximadamente simétrico (0,04) e  $K_g$  de 0,96 enquadrando-se como uma distribuição mesocúrtica (Tabela 2) (Figura 6f).

A amostra P7 obteve  $M_z$  de 0,23  $\Phi$ ,  $M_d$  de -0,97  $\Phi$  e  $\sigma$  de 0,95, sendo categorizada como areia grossa, moderadamente selecionada. A  $Sk$  foi aproximadamente simétrica (1,63) e  $K_g$  de 0,47, indicando uma distribuição platicúrtica (Tabela 2) (Figura 6g).

A amostra P8 apresentou  $M_z$  de 1,47  $\Phi$ ,  $M_d$  de 2,15  $\Phi$  e  $\sigma$  de 1,37, caracterizando-a como areia média, pobremente selecionada. A  $Sk$  foi muito negativa (-0,48) e a  $K_g$  de 0,39, equivalente a uma distribuição muito platicúrtica (Tabela 2) (Figura 6h).

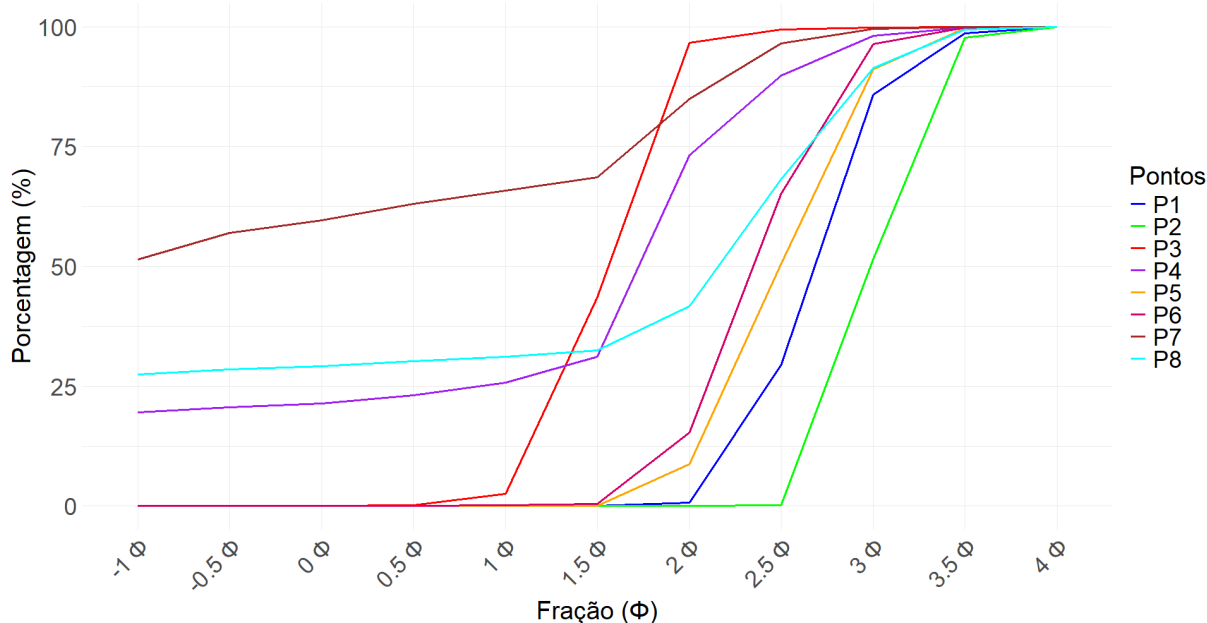
Figura 6: Histogramas de frequência das frações granulométricas em phi ( $\Phi$ ) das amostras analisadas. As barras representam a concentração em porcentagem (0–60%). O eixo X indica o tamanho dos grãos, com valores menores de  $\Phi$  à direita, correspondendo a grãos mais finos.



Fonte: Autora (2024).

O gráfico de frequência acumulada evidencia a distribuição granulométrica das amostras, bem como a diferença entre elas (Figura 7). A título de ilustração, P2 atingiu 51,6% de frequência em 3,5  $\Phi$ , por se tratar de uma amostra classificada como areia fina, muito bem selecionada, enquanto P7 já inicia com 51,4% em -1  $\Phi$ , pois trata-se de uma amostra classificada como areia grossa, moderadamente selecionada.

*Figura 7: Frequência acumulada das amostras em escala aritmética. Cada linha representa um ponto amostrado, com valores menores de phi ( $\Phi$ ) à direita, indicando grãos mais finos.*



Fonte: Autora (2024).

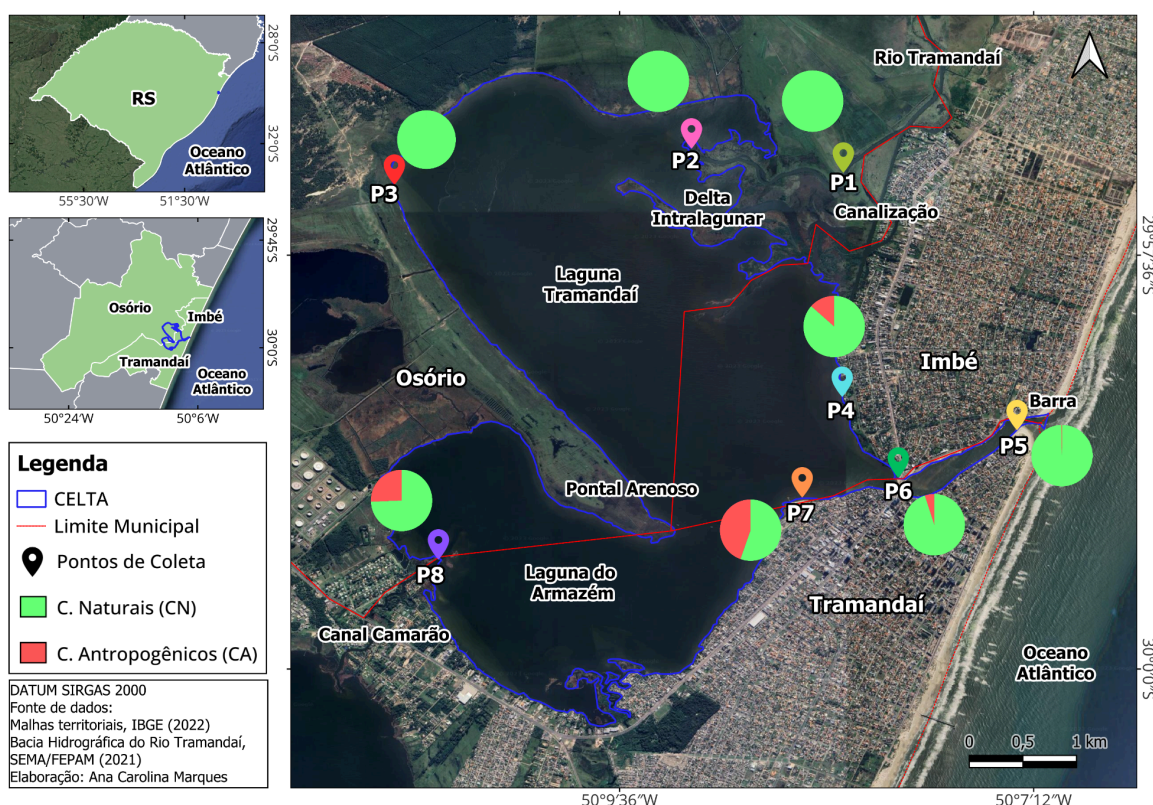
## 4.2 ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA

Foram contabilizadas 15.766 partículas, das quais 2.412 eram componentes antropogênicos (CA), representando 15,3% do total, 13.351 componentes naturais (CN) (sedimento alóctone), equivalentes a 84,7% e 3 partículas cuja composição não pôde ser identificada. Os três pontos com maior número de componentes antropogênicos foram: Ponto 7 (Centro de Eventos), com 1.339 CA (55,5% do total de CA); Ponto 8 (Arroio Camarão), com 639 CA (26,5% do total de CA); e Ponto 4 (Prainha do Ceclimar), com 351 CA (14,5% do total de CA).

A figura 8 ilustra as diferenças entre componentes antropogênicos (CA) e componentes naturais (CN) em cada ponto. O Ponto 1 (“Rio Tramandaí”), apresentou somente componentes naturais, assim como o Ponto 2 (Delta Intralagunar) e o Ponto 3 (Margem Lagunar Osório). O Ponto 4 (Prainha do Ceclimar) apresentou 2.253 componentes

naturais e 351 componentes antropogênicos (86,5% CN; 13,5% CA). O Ponto 5 (Barra (*Inlet* - Lado de Tramandaí)) apresentou 1.481 componentes naturais e 4 componentes antropogênicos (99,7% CN; 0,3% CA). O Ponto 6 (Ponte Giuseppe Garibaldi) apresentou 1.507 componentes naturais, 79 componentes antropogênicos e um não identificado (95% CN; 5% CA). O Ponto 7 (Centro de Eventos) apresentou 1.661 componentes naturais, 1.339 componentes antropogênicos e um não identificado (55,3% CN; 44,6% CA). O Ponto 8 (Arroio Camarão) apresentou 1.849 componentes naturais, 639 componentes antropogênicos e um não identificado (74,4% CN; 25,6% CA).

*Figura 8: Representatividade de componentes naturais (CN) e componentes antropogênicos (CA) ao longo da área de estudo. Gráficos de pizza representam a proporção de cada um dos componentes analisados.*



Fonte: Autora (2024).

As três frações com maior número absoluto de componentes antropogênicos (CA) foram 0  $\Phi$  (1 mm) (442 CA - 18,3% do total de CA), -0,5  $\Phi$  (1,41 mm) (426 CA - 17,7%) e 0,5  $\Phi$  (0,71 mm) (425 CA - 17,6 %). Frações maiores (-6,0  $\Phi$  / 16 mm, -2,0  $\Phi$  / 4 mm e -1,0  $\Phi$  / 2 mm) apresentaram uma alta porcentagem de CA em relação ao total de partículas (100%, 90,8% e 89,1%, respectivamente). À medida que o tamanho da fração diminui, a

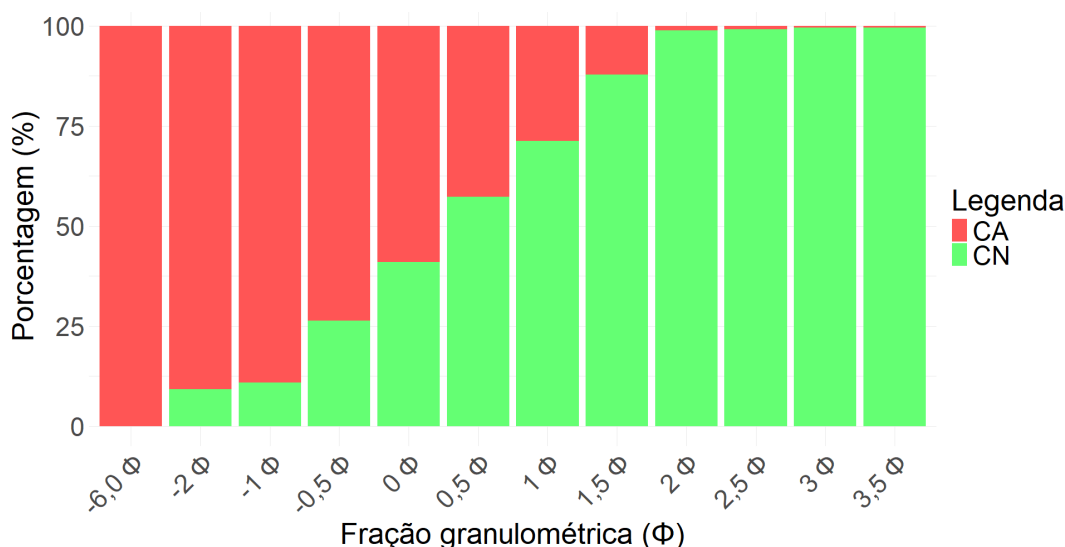
representatividade de CA também diminui. Esse padrão é observado ao considerar todos os pontos de forma conjunta (Figura 9) e também ao analisar as amostras individualmente (Figura 10). Para ilustrar, a fração 1,0  $\Phi$  (0,5 mm) é constituída por 28,8% de CA, enquanto as frações mais finas (2,0  $\Phi$  / 0,25 mm ou menores) têm menos de 2% de CA (Tabela 3). Essas diferenças podem ser visualizadas através do gráfico de barras abaixo (Figura 9).

*Tabela 3 - Representatividade do componente antropogênico (CA) em diferentes classes granulométricas da área de estudo, considerando todos os pontos.*

| Fração      | Nº CA | % do CA total | Nº CA+CN | % CA por fração | % CN por fração |
|-------------|-------|---------------|----------|-----------------|-----------------|
| - 6 $\Phi$  | 12    | 0,5           | 12       | 100,0           | 0               |
| - 2 $\Phi$  | 296   | 12,3          | 326      | 90,8            | 9,2             |
| - 1 $\Phi$  | 122   | 5,1           | 137      | 89,1            | 10,9            |
| -0,5 $\Phi$ | 426   | 17,7          | 578      | 73,7            | 26,3            |
| 0 $\Phi$    | 442   | 18,3          | 749      | 59,0            | 41,0            |
| 0,5 $\Phi$  | 425   | 17,6          | 996      | 42,7            | 57,3            |
| 1 $\Phi$    | 371   | 15,4          | 1286     | 28,8            | 71,2            |
| 1,5 $\Phi$  | 254   | 10,5          | 2082     | 12,2            | 87,8            |
| 2 $\Phi$    | 26    | 1,1           | 2400     | 1,1             | 98,9            |
| 2,5 $\Phi$  | 19    | 0,8           | 2400     | 0,8             | 99,2            |
| 3 $\Phi$    | 9     | 0,4           | 2400     | 0,4             | 99,6            |
| 4 $\Phi$    | 10    | 0,4           | 2400     | 0,4             | 99,6            |

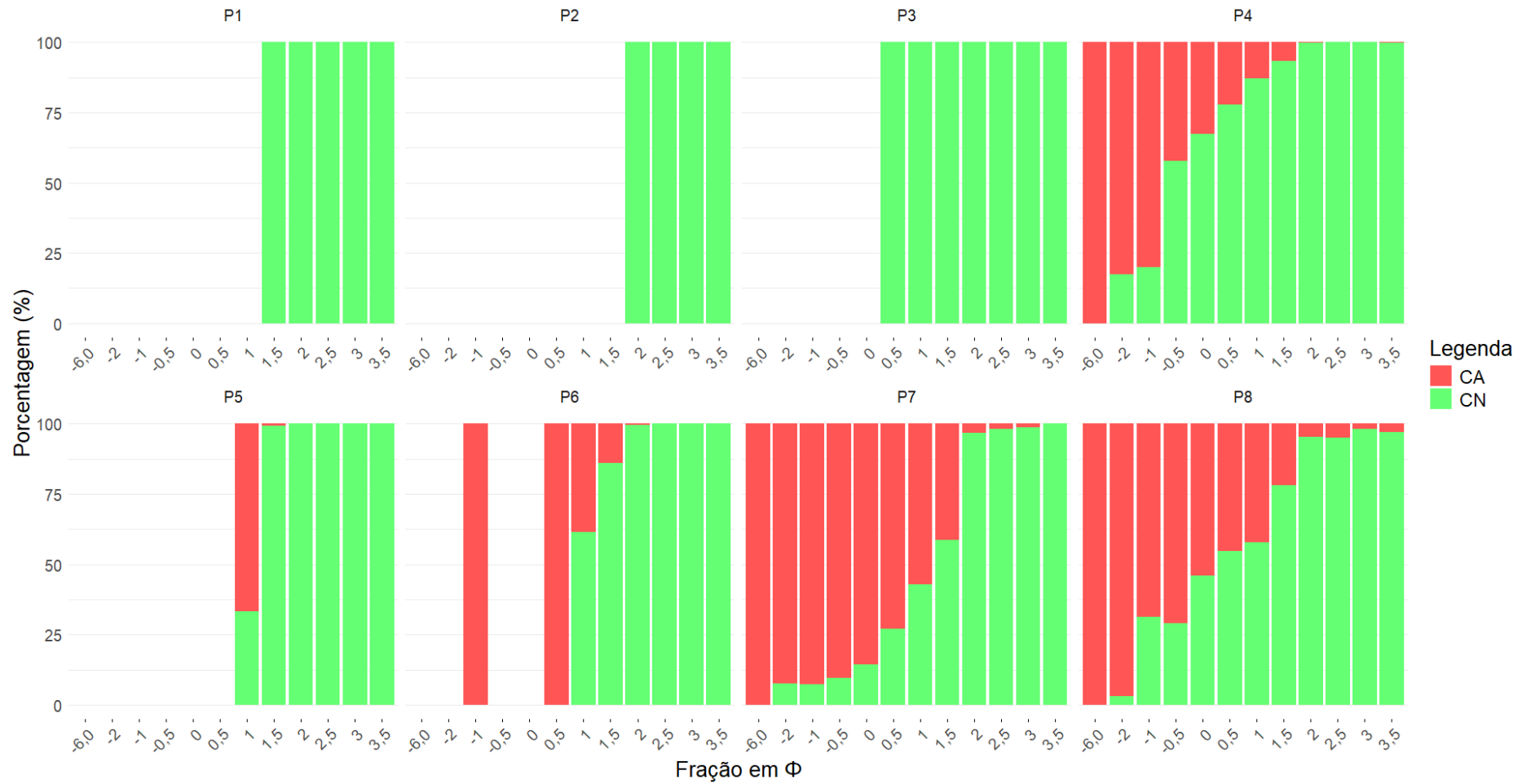
Fonte: Autora (2024).

*Figura 9: Representatividade geral do Componente Antropogênico (CA) e Componente Natural (CN) por fração granulométrica phi ( $\Phi$ ), considerando todos os pontos.*



Fonte: Autora (2024).

Figura 10: Representatividade Componente Antropogênico (CA) e Componente Natural (CN) por fração granulométrica phi ( $\Phi$ ) em cada ponto amostrado.



Fonte: Autora (2024).

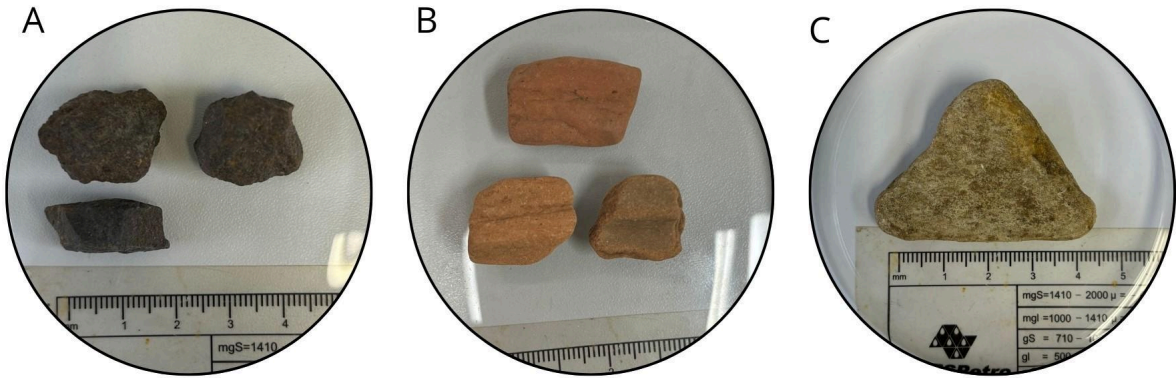
Do total de 2.412 componentes antropogênicos encontrados nas amostras, 97,8% correspondem a resíduos de construção e demolição (RCD) (total de 2.358 itens - brita, concreto, tijolo, asfalto, pedra grês (arenito), telha e azulejo) (Tabela 4) (Figura 11). Desses, destaca-se a presença de um fragmento de telha de fibrocimento, possivelmente contendo fibras de amianto, conforme as características visuais observadas. Esse fragmento foi classificado como RCD da classe D, que abrange resíduos perigosos. Os demais 2.357 RCD pertencem à classe A, composta por resíduos reutilizáveis ou recicláveis.

*Tabela 4: Tipos de resíduos de construção e demolição (RCD) encontrados nos pontos amostrados e suas respectivas quantidades.*

| RCD | Asfalto | Brita | Concreto | Tijolo | Arenito | Telha | Azulejo | Total |
|-----|---------|-------|----------|--------|---------|-------|---------|-------|
| Nº  | 20      | 2037  | 202      | 90     | 5       | 1     | 3       | 2.358 |

Fonte: Autora (2024).

*Figura 11: Exemplos de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) encontrados nos pontos amostrados.*



A: Brita; B: Tijolo; C: Telha de fibrocimento.

Fonte: Autora (2024).

Foram identificados 14 fragmentos de carvão (Tabela 5) (Figura 12b), correspondendo a 0,6% e 21 fragmentos metálicos, representando 0,9% do total de CA analisados (Figura 12c), O microplástico (MP) representou 0,4% do CA, com 10 unidades nas amostras, sendo oito fragmentos (1 amarelo, 7 branco), um fragmento de isopor bolinha (branco) e uma partícula de tinta (vermelha) (Figura 12d), todos sendo categorizados como microplástico secundário. Fragmentos de composição mista, de papel, alumínio e plástico, somaram quatro

unidades (0,2%) (Figura 12e) e apenas um fragmento de vidro foi observado (0,04%) (Figura 12f).

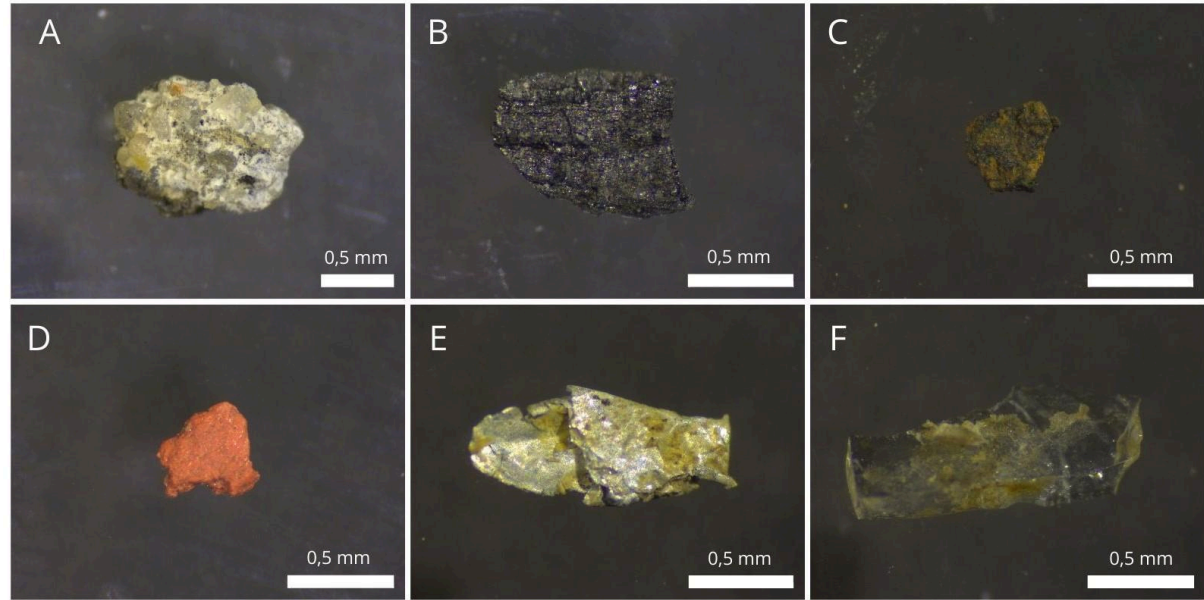
*Tabela 5 - Tipos de componentes antropogênicos (CA) encontrados nos pontos amostrados e suas respectivas quantidades.*

|    | RCD  | Carvão | Metal | MP | MA | Misto* | Vidro | Total |
|----|------|--------|-------|----|----|--------|-------|-------|
| Nº | 2358 | 14     | 21    | 10 | 4  | 4      | 1     | 2412  |

\*Papel/plástico/alumínio.

Fonte: Autora (2024).

*Figura 12: Diferentes tipos de componentes antropogênicos (CA) encontrados nos pontos amostrados.*

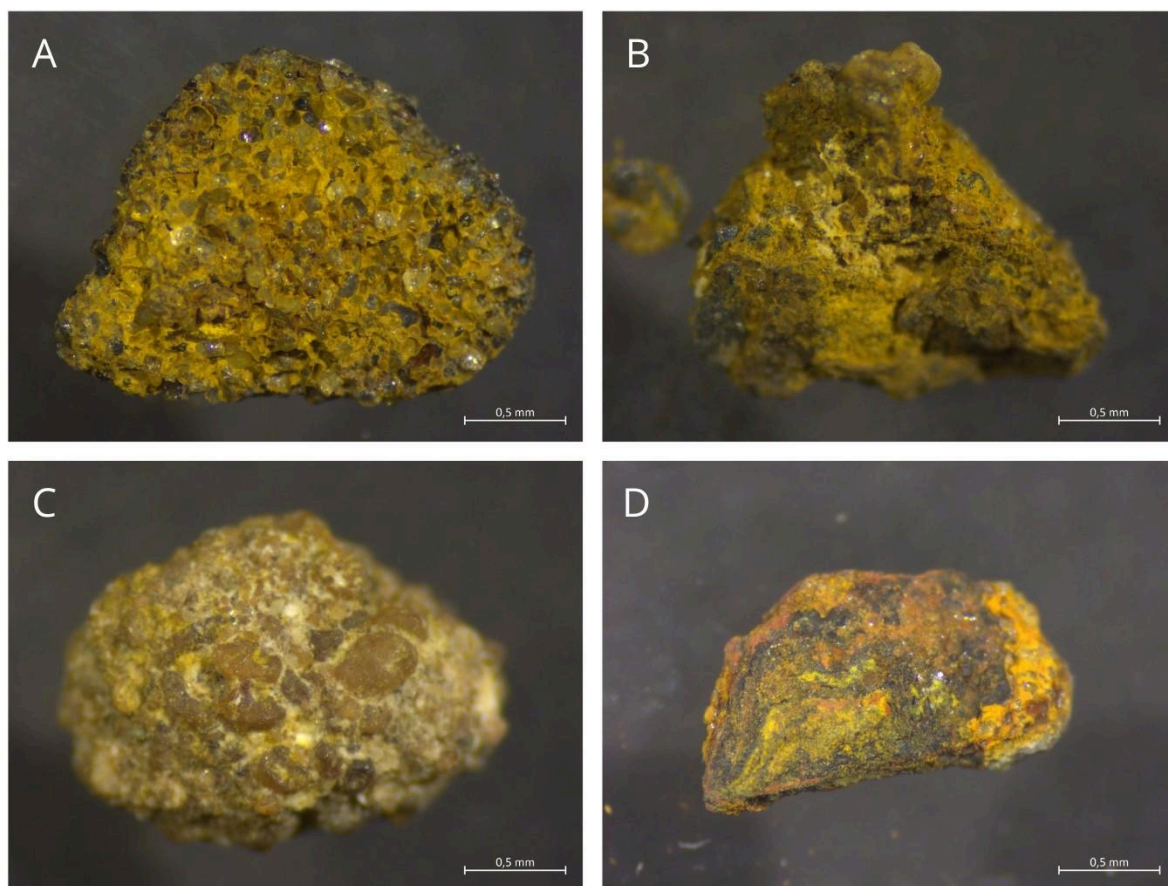


A: Concreto (RCD); B: Carvão; C: Metal; D: MP (tinta); E: Misto (papel/plástico/alumínio); F: Vidro.  
Fonte: Autora (2024).

Dentre os componentes antropogênicos encontrados nas amostras analisadas, quatro deles são antropoquinas (0,2%), ou seja, rochas sedimentares recentes contendo itens antropogênicos cimentados com material siliciclástico (Figura 13). Por terem sido encontradas em frações de tamanho < 5 mm são consideradas micronatropoquinas (MA). Uma das microantropoquinas analisadas estava no P7, na fração -1 Φ (Figura 13a) e outra no P6, também na fração -1 Φ (Figura 13b). As outras duas MA analisadas estavam no P8, nas frações -1 Φ (Figura 13c) e -0.5 Φ (Figura 13d) . A tonalidade vermelha (Figura 13d) é um

indicativo da presença de óxido de ferro, que pode ser resultado da cimentação ao redor de um objeto metálico (FERNANDINO et al., 2020).

*Figura 13: Microantropoquinas encontradas nos pontos amostrados. Note os grãos siliciclásticos cimentados nas amostras.*



A: P7, fração -1  $\Phi$ ; B: P6, fração -1  $\Phi$ ; C: P8, fração -1  $\Phi$ ; D: P8, fração -0.5  $\Phi$ .

Fonte: Autora (2024).

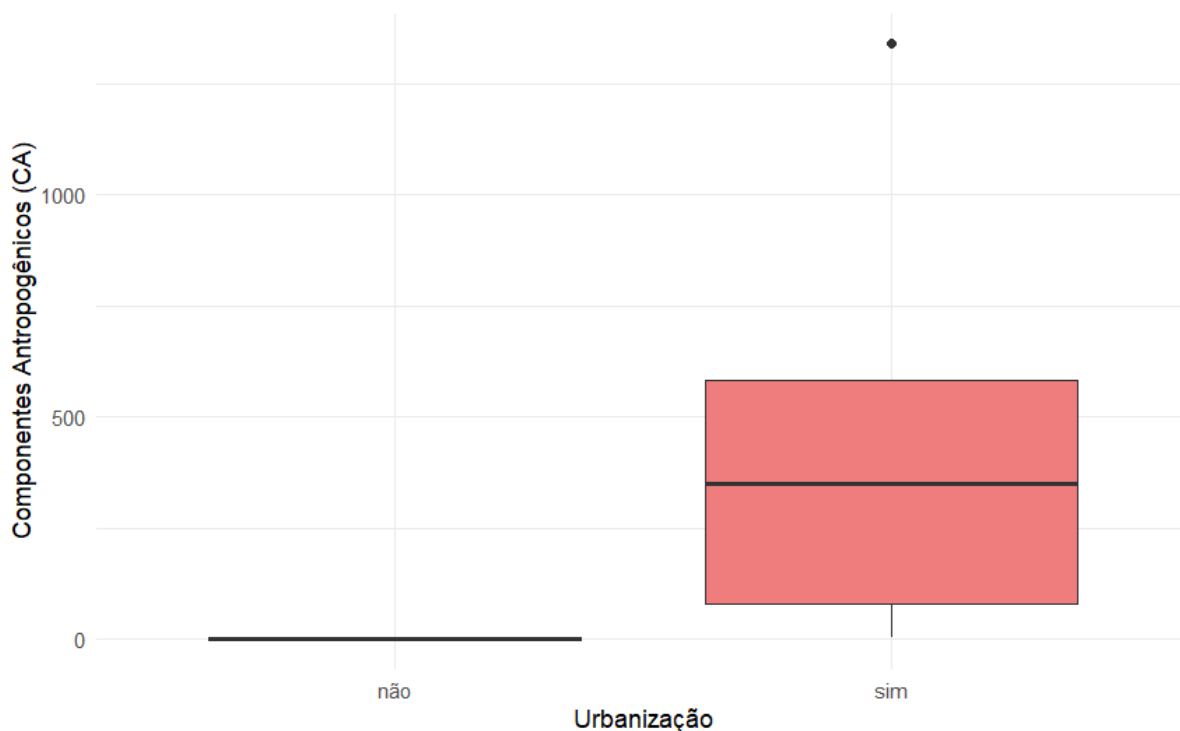
Em relação ao tamanho dos componentes antropogênicos analisados, foram identificados 4 CA de tamanho macro ( $< 1$  m e  $\geq 25$  mm), 136 meso ( $< 25$  mm e  $> 5$  mm) e 2.272 micro ( $\leq 5$  mm e  $> 1$   $\mu$ m).

#### 4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

O teste de Mann-Whitney U resultou em um valor-p de 0,03247, o que nos permite rejeitar a hipótese nula de que a urbanização não exerce influência significativa sobre o número de componentes antropogênicos nos pontos de amostragem. Portanto, é possível

afirmar que a urbanização tem uma influência significativa no número de componentes antropogênicos (CA) (Figura 14).

*Figura 14 - Comparação do número de componentes antropogênicos (CA) entre pontos de amostragem urbanizados (P4, P5, P6, P7 e P8) e não urbanizados (P1, P2 e P3).*



Fonte: Autora (2024).

## 5. DISCUSSÃO

A análise granulométrica do sedimento superficial das margens emersas do CELTA demonstrou diferenças consideráveis na distribuição dos tamanhos de partículas ao longo das oito diferentes áreas espaciais amostradas. Além disso, todos os parâmetros de Folk e Ward (1957) indicaram heterogeneidade nas características sedimentológicas da região. As amostras variaram de areia grossa (P7) e areia média (P3, P4, P8) a areia fina (P1, P2, P5, P6), com graus de seleção variando de muito bem selecionada (P2, P3) a pobremente selecionada (P4, P8). Em relação à assimetria, houve variabilidade de valores muito negativos (P4, P8) a positivos (P7) indicando diferenças na predominância de partículas mais finas ou mais grossas em cada amostra. Ademais, foi registrada variação na curtose, desde muito platicúrtica (P8) até mesocúrtica (P1, P5).

As amostras com presença de CA (P4, P5, P6, P7 e P8) tiveram seus parâmetros granulométricos afetados por estes, com desvio das médias das distribuições para frações

mais grossas e redução na seleção. Isso ocorreu em decorrência do predomínio simultâneo de grãos finos (CN) e grãos mais grossos (CA) nesses pontos, evidenciando a influência de atividades antrópicas na área.

A comparação entre os dados granulométricos deste estudo e os descritos por Tabajara e Dillenburg (1997) permitiu traçar paralelos entre dois dos oito pontos amostrados neste trabalho com dois dos quatro subambientes sedimentares previamente caracterizados por eles.

A margem NW da lagoa de Tramandaí foi caracterizada por Tabajara e Dillenburg (1997) como composta por areia fina ( $M_z$  entre 2,39 e 2,57  $\Phi$ ), com seleção moderada a boa, distribuição aproximadamente simétrica e curtose mesocúrtica. A amostra P3, em contrapartida, apresentou granulometria mais grossa (areia média,  $M_z = 1,53 \Phi$ ), com seleção muito boa ( $\sigma = 0,32$ ), assimetria negativa (-0,10) e curtose platicúrtica ( $K_g = 0,74$ ).

A margem do lóbulo deltaico central do delta do "Rio Tramandaí", Tabajara e Dillenburg (1997) identificaram areia muito fina ( $M_z$  entre 3,50 e 3,75  $\Phi$ ), com seleção moderada a pobre, distribuição aproximadamente simétrica e curtose mesocúrtica. Em comparação, a amostra P2 apresentou granulometria mais grossa (areia fina,  $M_z = 2,99 \Phi$ ), com seleção muito boa ( $\sigma = 0,31$ ), assimetria aproximadamente simétrica ( $Sk = 0,05$ ) e curtose platicúrtica ( $K_g = 0,74$ ).

Essas diferenças nos resultados e análises podem ser atribuídas às características distintas dos ambientes amostrados (margem submersa e margem emersa), bem como às particularidades da morfologia litorânea. No caso da amostra P3, a possibilidade de fontes próximas de sedimentos dessa granulometria (mais grossos) através de transporte eólico associado a processos em escala geológica, e por transporte lagunar associado a dinâmicas sedimentares modernas também podem ser um fator contribuinte. No caso da amostra P2, a localização desta difere dentro da sequência deltaica; em Tabajara e Dillenburg (1997), a posição analisada corresponde à base do prodelta, que difere da posição analisada neste trabalho, correspondente à planície deltaica.

Quanto a análise quali-quantitativa, 15% dos componentes avaliados foram classificados como componentes antropogênicos, sendo encontrados em maior concentração nos pontos mais próximos de áreas urbanizadas. Essa relação entre a quantidade de resíduos sólidos e a presença de urbanização em ambientes estuarinos também foi observada por Ribeiro e colaboradores (2021). Os autores identificaram um gradiente de urbanização associado à quantidade de componentes antropogênicos (CA) encontrados, no qual a área designada como semiurbana representou 80% do total de CA coletados, seguida pela área semi-remota (13%) e pela área remota (7%). No presente estudo, os três pontos sem presença

de urbanização - margem do “rio” (P1), delta intralagunar (P2) e margem lagunar de Osório P3 - não apresentaram nenhum componente antropogênico. Em contraste, os quatro pontos localizados em áreas urbanizadas dentro do Complexo - Prainha no CECLIMAR (P4), Ponte Giuseppe Garibaldi (P6), Centro de Eventos Municipal de Tramandaí (P7) e Arroio Camarão (P8) - apresentaram elevadas concentrações de componente antropogênico, chegando a representar 44,6% da quantidade de partículas analisadas no caso de P7. Corrêa e colaboradores (2021) observaram um padrão semelhante para a ocorrência de MP na água do CELTA, identificando maiores concentrações desses resíduos nos pontos mais próximos de áreas urbanizadas.

O plástico (na forma de microplástico) representou apenas 0,4% do total de componentes antropogênicos analisados, o que contrasta fortemente com estudos realizados em ambientes praias, nos quais foram observadas concentrações significativamente maiores de microplásticos (CHIBA et al., 2018; FRIAS et al., 2018). No entanto, resultados semelhantes já foram relatados em um estudo comparativo entre os resíduos presentes em ambientes marinhos e estuarinos da Austrália, que evidenciou diferenças nos tipos e quantidades de detritos nesses dois ambientes (WILLIS et al., 2017). Ademais, estudos sobre a presença de resíduos em estuários demonstram que o lixo flutuante (predominantemente plástico) nesses ambientes tende a ficar retido na vegetação, e em áreas de manguezal, mais de 90% do lixo pode ficar retido no mangue (PONMANI et al., 2024). Essa tendência pode estar relacionada ao número extremamente baixo desses resíduos na área de estudo, por esta estar focada no sedimento das margens expostas e, portanto, sem vegetação associada.

Os RCD foram os resíduos mais abundantes nas análises deste estudo, representando 97,8% de todo o CA amostrado. Corrêa e colaboradores (2021) analisaram os diferentes polímeros constituintes dos MP presentes na água do CELTA, sendo eles: PEAD (26%), PET/PVC (25%), PEBD (24%), PP (17%) e PS (8%). Dentre os polímeros encontrados, o PVC, somado ao PET, foi o segundo mais representativo. O PVC é o terceiro polímero de maior produção no Brasil e é amplamente utilizado na construção civil e em produtos industriais (ABIPLAST, 2023). Embora, neste estudo, o MP não tenha sido um CA tão representativo, a quantidade de RCD encontrada pode ser comparada à quantidade de PVC observada por Corrêa e colaboradores (2021), uma vez que o PVC é um tipo de polímero plástico pertencente à classe A de RCD, estando associado à construção civil e por sua vez, à ocupação urbana em si. Desta forma, ambos estudos reforçam a conexão direta entre atividades humanas, especialmente a urbanização e a construção civil, com a presença de CA no CELTA. Ademais, em um ambiente estuarino de Portugal, Velez e colaboradores (2020) já

demonstraram que os RCD podem ser predominantes nos sedimentos de ambientes lagunares. Ao realizar uma comparação entre os CA no ambiente lagunar e no ambiente marinho, os autores observaram que RCD (cerâmica) representavam a grande maioria dos CA nas áreas estuarinas, variando de 66% a 91%, dependendo do ponto amostrado. Por outro lado, em praias marinhas, o plástico foi predominante, com proporções variando de 82% a 95%.

Dentre os RCD analisados, foram encontrados fragmentos de concreto. Na produção de concreto, utilizam-se agregados naturais, água e cimento, mas frequentemente outros materiais são incorporados para conferir propriedades como maior resistência, durabilidade e sustentabilidade (*e.g.* cinzas volantes), entretanto, a lixiviação desses materiais pode gerar potenciais impactos ambientais (KURDA; SILVESTRE; DE BRITO, 2018). Estudos relatam efeitos adversos desses químicos na saúde da fauna (ESTERHUIZEN et al., 2022), e de humanos (ALEMAYEHU; ASFAW; TERFIE, 2020) evidenciando não apenas a potencial poluição física gerada por RCD, mas também a poluição química. Nesse contexto, a identificação, no presente trabalho, de um fragmento de telha de fibrocimento, com possível presença de amianto, evidencia a presença de poluição química associada aos RCD no CELTA, uma vez que o amianto é classificado como uma substância carcinogênica (IARC, 2012).

Dentre os componentes antropogênicos encontrados no CELTA, destaca-se a presença de quatro microantropoquinas. O termo “antopopquina” refere-se a rochas sedimentares recentes, que contém componentes antropogênicos, podendo ainda estar cimentadas com material biogênico, como conchas e fragmentos de conchas (FERNANDINO et al., 2020). Fernandino e colaboradores (2020) realizaram a descrição pioneira do termo, com base em seis amostras coletadas em diferentes praias do Litoral Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. As antopoquinas descritas eram de tamanho macro ( $>25\text{mm}$ ), constituídas por itens antropogênicos de metal e plástico. Neste estudo, apresenta-se o primeiro registro de microantropoquinas no mundo, um achado inovador que levanta uma importante questão sobre sua origem. Essas microantropoquinas podem ser primárias, se foram formadas a partir da cimentação de sedimento ao redor dos pequenos fragmentos de CA ou podem ser secundárias, se forem fragmentos de antopoquinas maiores.

## 6. CONCLUSÃO

Este estudo aplicou uma abordagem integrada para analisar a ocorrência e distribuição espacial de componentes antropogênicos (CA) em amostras de sedimento superficial das

margens emersas do Complexo Estuarino-Lagunar Tramandaí-Armazém (CELTA). A metodologia utilizada combinou técnicas de análise da Sedimentologia clássica com a análise de CA. Essa abordagem contribui para a sedimentologia moderna, ao considerar os CA presentes no sedimento atual, uma visão que tem sido estimulada por alguns pesquisadores da área. Os componentes antropogênicos representaram 15% de todas as partículas presentes no sedimento das margens emersas da área. Os resíduos de construção e demolição (RCD) foram os mais abundantes no CELTA, com mais de 97%, evidenciando uma relação direta com a urbanização local, sugerindo que sua origem seja predominantemente local. Além disso, a presença de CA influenciou as características granulométricas da área de estudo, já que as maiores frações granulométricas corresponderam aos CA, contribuindo diretamente para a má seleção observada em determinadas amostras do sedimento. Foi analisado que há variação espacial na composição dos CA no CELTA, sendo a presença de urbanização um fator influente dessa variação. Ademais, a descoberta de microantropoquinas representa um achado cinetífico inédito, que deve ter um estudo mais aprofundado.

O presente estudo apresenta dados pioneiros sobre a contaminação do compartimento geológico do CELTA, entretanto, é importante destacar a limitação deste trabalho quanto ao número reduzido de pontos amostrados. Embora as análises realizadas tenham permitido identificar padrões relevantes, um maior número de pontos poderia proporcionar uma compreensão mais robusta da sedimentologia e da distribuição de componentes antropogênicos na área de estudo, tanto nas margens quanto nas porções interiores do complexo. Além disso, a ausência de um monitoramento sazonal também restringe a interpretação da influência de eventos climáticos e hidrodinâmicos e de atividades humanas sobre os padrões observados.

As implicações dos achados para a gestão ambiental são significativas. A identificação de resíduos de construção civil e demolição (RCD) como predominantes destaca a necessidade de políticas públicas mais eficazes para o manejo de resíduos sólidos em áreas urbanas próximas a ambientes estuarinos. A alta concentração de componentes antropogênicos em pontos urbanizados reforça a urgência de implementar práticas de urbanização sustentável, incluindo regulamentações mais rigorosas para descarte e reciclagem de materiais de construção.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABIPLAST, A. B. DA I. DO P. **As Indústrias de Transformação e Reciclagem de Plástico no Brasil - Perfil 2023**. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<[https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2024/09/PERFIL\\_ABIPLAST\\_2023.pdf](https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2024/09/PERFIL_ABIPLAST_2023.pdf)>.
- ABREMA, A. B. DE R. E M. A. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2023**. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<[https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2024/03/Panorama\\_2023\\_P1.pdf](https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf)>.
- ALEMAYEHU, Y. A.; ASFAW, S. L.; TERFIE, T. A. Exposure to urban particulate matter and its association with human health risks. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 22, p. 27491–27506, 1 ago. 2020.
- ALLEN, S. et al. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. **Nature Geoscience**, v. 12, n. 5, p. 339–344, maio 2019.
- ALMEIDA, L. E. S. B.; ROSAURO, N. M. L.; TOLDO, E. Análise preliminar das marés na barra do Rio Tramandaí, RS. **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, ES**, v. 12, p. 560–566, 1 jan. 1997.
- ALVARES, C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, 1 dez. 2013.
- ANDRADE, M. M.; TOLDO, E. E.; NUNES, J. C. R. Tidal and subtidal oscillations in a shallow water system in southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 66, p. 245–254, set. 2018.
- ASENSIO-MONTESINOS, F. et al. Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coastal sites (Alicante, SE Spain). **Ocean & Coastal Management**, v. 181, p. 104914, 1 ago. 2019.
- BERGMANN, M. et al. Citizen scientists reveal: Marine litter pollutes Arctic beaches and affects wild life. **Marine Pollution Bulletin**, v. 125, 1 set. 2017.
- BRASIL. Resolução CONAMA 307. . 5 jul. 2002, Sec. 1.
- BRASIL, M. DO M. A. Atualização Portaria MMA nº9. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. . 23 jan. 2007.
- BRASIL, M. DO M. A. **Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022**. Disponível em:  
<<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>>. Acesso em: 3 jun. 2023.
- BUCHMANN, F. et al. Panorama geológico da planície costeira do Rio Grande do Sul. **Quaternário do Rio Grande do Sul-Integrando Conhecimentos, Monografias da Sociedade Brasileira de Paleontologia**, v. 1, p. 35–56, 1 jan. 2009.
- BURTON, G. A. Sediment quality criteria in use around the world. **Limnology**, v. 3, p.

65–76, 1 ago. 2002.

CAMARGO, M. **SYSGRAN.** , 2006. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/283550124\\_SysGran\\_um\\_sistema\\_de\\_codigo\\_aberto\\_para\\_analises\\_granulometricas\\_do\\_sedimento](https://www.researchgate.net/publication/283550124_SysGran_um_sistema_de_codigo_aberto_para_analises_granulometricas_do_sedimento)>

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.

CAMPBELL, M. et al. Are our beaches safe? Quantifying the human health impact of anthropogenic beach litter on people in New Zealand. **Science of The Total Environment**, v. 651, 1 out. 2018.

CAMPBELL, S. H.; WILLIAMSON, P. R.; HALL, B. D. Microplastics in the gastrointestinal tracts of fish and the water from an urban prairie creek. 2017.

CASTRO, D. DE (ORG. ). **Ciclo das Águas na Bacia do Rio Tramandaí**. 1. ed. Porto Alegre, RS: Via Sapiens, 2019.

CASTRO, D. DE; ROCHA, C. M. DA. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. [s.l: s.n.].

CHANDRAKANTHAN, K.; FRASER, M. P.; HERCKES, P. Airborne microplastics in a suburban location in the desert southwest: Occurrence and identification challenges. **Atmospheric Environment**, v. 298, p. 119617, 1 abr. 2023.

CHIBA, S. et al. Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. **Marine Policy**, v. 96, 1 abr. 2018.

COE, J.; ANTONEIS, B.; MOY, K. Taking control of persistent solid waste pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 139, p. 105–110, 1 fev. 2019.

CONVEY, P.; BARNES, D.; MORTON, A. Debris accumulation on oceanic island shores of the Scotia Arc, Antarctica. **Polar Biology**, v. 25, p. 612–617, 8 jan. 2002.

CORRÊA, L. 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, n. 1, p. 10– 0, 9 ago. 2021.

CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. Global Change Newsletters. **The “Anthropocene”**, v. 41, p. 20, maio 2000.

DAUDT, N. W.; BUGONI, L.; NUNES, G. T. Plastics and waterbirds in Brazil: A review of ingestion, nest materials and entanglement reveals substantial knowledge gaps and opportunities for research. **Environmental Pollution**, v. 316, p. 120615, 1 jan. 2023.

DAVIS JR., R. A. **Depositional Systems: A Genetic Approach to Sedimentary Geology**. New Jersey: [s.n.]. v. 121.

DILLENBURG, S. et al. Dinâmica Sedimentar e Evolução Geológica da Laguna de Tramandaí, Rio Grande do Sul (Resultados Parciais). 1992.

EERKES-MEDRANO, D.; THOMPSON, R.; ALDRIDGE, D. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. **Water Research**, v. 75, 15 maio 2015.

ESTERHUIZEN, M. et al. Ecotoxicological implications of leachates from concrete demolition debris on oligochaetes: survival and oxidative stress status. **Heliyon**, v. 8, n. 10, p. e11237, 1 out. 2022.

FARION, S. R. L. Litoral do Rio Grande do Sul: rio, lago, lagoa, laguna. **Ágora, Santa Cruz do Sul**, v. 13, n. 1, p. p 167-186, 2007.

FERNANDINO, G. et al. Plastic fragments as a major component of marine litter: A case study in Salvador, Bahia, Brazil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 16, 1 jan. 2015.

FERNANDINO, G. et al. Anthroquinas: First description of plastics and other man-made materials in recently formed coastal sedimentary rocks in the southern hemisphere. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, p. 111044, 1 maio 2020.

FINNEGAN, A. et al. Man-made natural and regenerated cellulosic fibres greatly outnumber microplastic fibres in the atmosphere. **Environmental Pollution**, v. 310, p. 119808, 1 ago. 2022.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River Bar: A Study in the significance of Grain Size Parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, n. 1, p. 3–26, 1 mar. 1957.

FRIAS, J. et al. **Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments**. [s.l: s.n.].

GABBOTT, S. et al. The geography and geology of plastics. Em: **Plastic Waste and Recycling**. [s.l: s.n.]. p. 33–63.

GALLOWAY, T. S.; COLE, M.; LEWIS, C. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 5, p. 116, 20 abr. 2017.

GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

GESAMP. **Guidelines for the monitoring & assessment of plastic litter in the ocean**. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>>.

HAMMER, O.; HARPER, D.; RYAN, P. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. , 1 maio 2001.

HASENACK, H.; FERRARO, L. W. Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. **Pesquisas**, v. 22, p. 53–70, 31 dez. 1989.

HIDALGO-RUZ, V. et al. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the

Methods Used for Identification and Quantification. v. 46, n. 6, 2012.

HONORATO-ZIMMER, D. et al. Mountain streams flushing litter to the sea – Andean rivers as conduits for plastic pollution. **Environmental Pollution**, v. 291, p. 118166, 15 dez. 2021.

HORTON, A. A. et al. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of The Total Environment**, v. 586, p. 127–141, 15 maio 2017.

IARC, I. A. FOR R. ON C. (ED.). **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. A review of human carcinogens**. Lyon, France: International agency for research on cancer, 2012.

IBGE. **Imbé**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/imbe/panorama>>. Acesso em: 20 jul. 2023a.

IBGE. **Osório**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/osorio/panorama>>. Acesso em: 20 jul. 2023b.

IBGE. **Tramandaí**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/tramandai/panorama>>. Acesso em: 20 jul. 2023c.

IMBÉ. 49. Decreto Municipal Nº 49 de 31 de janeiro de 1990. . 1990.

JAMBECK, J. et al. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science (New York, N.Y.)**, v. 347, p. 768–771, 13 fev. 2015.

KOSUTH, M.; MASON, S. A.; WATTENBERG, E. V. Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. **PLOS ONE**, v. 13, n. 4, p. e0194970, 11 abr. 2018.

KRUMBEIN, W. C. Size Frequency Distributions of Sediments. **SEPM Journal of Sedimentary Research**, v. Vol. 4, 1934.

KURDA, R.; SILVESTRE, J. D.; DE BRITO, J. Toxicity and environmental and economic performance of fly ash and recycled concrete aggregates use in concrete: A review. **Heliyon**, v. 4, n. 4, p. e00611, 1 abr. 2018.

LUZ, J. A. DA. **Caracterização de microplásticos em conteúdos de tratos gastrointestinais de peixes do estuário do Rio Tramandaí-Litoral Norte do Rio Grande do Sul através de digestão de tecidos biológico**. Monografia para obtenção do Bacharelado em Ciências Biológicas—[s.l.] UFRGS/UERGS, 2018.

MASSELINK, G.; HUGHES, M.; KNIGHT, J. **An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. [s.l.: s.n.].

MEIJER, L. et al. More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. **Science Advances**, v. 7, p. eaaz5803, 30 abr. 2021.

MIRANDA, L. B. DE; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. [s.l.: s.n.].

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. [s.l.: s.n.].

OBBARD, R. et al. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. **Earth's Future**, v. 2, 1 jun. 2014.

ONU. **The 17 goals to transform our world**. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

PONMANI, M. et al. Vulnerability of mangrove ecosystems to anthropogenic marine litter along the southeast coast of India. **Science of The Total Environment**, v. 956, p. 177224, 15 dez. 2024.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing. (Version 4.4.2)**. : A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

RANGEL-BUITRAGO, N. et al. Sediment pollution in coastal and marine environments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 192, p. 115023, 17 maio 2023.

RIBEIRO, V. V. et al. Anthropogenic litter composition and distribution along a chemical contamination gradient at Santos Estuarine System—Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 46, p. 101902, 1 jul. 2021.

SANTOS, F. et al. Plastic debris forms: Rock analogues emerging from marine pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 182, p. 114031, 1 set. 2022.

SEBRAE. **Perfil das cidades gaúchas / Imbé**. Disponível em: <[https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil\\_Cidades\\_Gauchas-Imbe.pdf](https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Imbe.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2023a.

SEBRAE. **Perfil das cidades gaúchas / Osório**. Disponível em: <[https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil\\_Cidades\\_Gauchas-Osorio.pdf](https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Osorio.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2023b.

SEBRAE. **Perfil das cidades gaúchas / Tramandaí**. Disponível em: <[https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil\\_Cidades\\_Gauchas-Tramandai.pdf](https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Tramandai.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2023c.

SILVA, A.; TOLDO, E.; WESCHENFELDER, J. Morfodinâmica da desembocadura da Lagoa de Tramandaí (RS, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 44, p. 155, 15 fev. 2017.

SMITH, J. A. et al. Sub-ice-shelf sediments record history of twentieth-century retreat of Pine Island Glacier. **Nature**, v. 541, n. 7635, p. 77–80, jan. 2017.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. 1973.

TABAJARA, L. L. **Aspectos Hidrodinâmicos e Sedimentologia do Sistema Lagunar-estuarino de Tramandaí-RS**. Doutorado em Geociências—[s.l.] Universidade

Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

TABAJARA, L. L.; DILLENBURG, S. Batimetria e Sedimentos de Fundo da Laguna de Tramandaí - RS. **Nota Técnicas**, v. 10, p. 21–33, 1 jan. 1997.

THOMPSON, R. C. et al. Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned? **Science**, v. 386, n. 6720, p. ead12746, 19 set. 2024.

TOMAZELLI, L. J. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico**. [s.l.] Curso de Pós-Graduação em Geociências/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

TOMAZELLI, L.; VILLWOCK, J. Geologia do Sistema Lagunar Holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. 1991.

TOWNSEND, T. G. et al. CDDPath: A method for quantifying the loss and recovery of construction and demolition debris in the United States. **Waste Management**, v. 84, p. 302–309, 1 fev. 2019.

TROUWBORST, A. Managing Marine Litter: Exploring the Evolving Role of International and European Law in Confronting a Persistent Environmental Problem. **Utrecht Journal of International and European Law**, v. 27, 14 jun. 2011.

UNEP. **Marine Litter Socio Economic Study, United Nations Environment Programme, Nairobi. Kenya**. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26014/Marinelitter\\_socioeco\\_study.pdf?sequence](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26014/Marinelitter_socioeco_study.pdf?sequence)>.

UNESCO. **The science we need for the ocean we want: the United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030)**. [s.l: s.n.].

VELEZ, N. et al. Small scale habitat effects on anthropogenic litter material and sources in a coastal lagoon system. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111689, 1 nov. 2020.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. v. 8, p. 1–45, 1995.

WANG, F. et al. Microplastic abundance and distribution in a Central Asian desert. **Science of The Total Environment**, v. 800, p. 149529, 15 dez. 2021.

WANG, W. et al. Microplastics in surface waters of Dongting Lake and Hong Lake, China. **Science of The Total Environment**, v. 633, p. 539–545, 15 ago. 2018.

WATERS, C. et al. The Anthropocene Is Functionally and Stratigraphically Distinct from the Holocene. **Science**, v. 351, 7 jan. 2016.

WILLIAMS, A. T.; SIMMONS, S. L. Journal of Coastal Research. **Estuarine Litter at the River/Beach Interface in the Bristol Channel, United Kingdom**, p. 7, 1997.

WILLIS, K. et al. Differentiating littering, urban runoff and marine transport as sources of

marine debris in coastal and estuarine environments. 2017.

ZALASIEWICZ, J. et al. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. **Anthropocene**, v. 13, 18 jan. 2016.

ZANTIS, L. et al. Marine mammals and microplastics: A systematic review and call for standardisation. **Environmental Pollution**, v. 269, p. 116142, 1 nov. 2020.

ZHANG, Y. et al. Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. **Earth-Science Reviews**, v. 203, p. 103118, 1 fev. 2020.

ZUANAZZI, P. T.; BARTELS, M. **Estimativas para a população flutuante do Litoral Norte do RS.**, 2016.



[illegible][illegible]





|      |      |   |      |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |      |      |  |
|------|------|---|------|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|------|------|--|
| Tota |      |   |      |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |      |      |  |
| Matl | 1661 | 3 | 1301 | 0 | 9 | 2 | 0 | 21 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3001 | 1340 |  |

| P08AC                   |             |         |       |        |              |       |                   |        |                  |       |             |                       |             |       |       |        |       |                     |
|-------------------------|-------------|---------|-------|--------|--------------|-------|-------------------|--------|------------------|-------|-------------|-----------------------|-------------|-------|-------|--------|-------|---------------------|
| Fração<br>/Materi<br>al |             |         |       |        |              |       |                   |        |                  |       |             |                       |             |       |       |        |       |                     |
|                         | Minera<br>l | Asfalto | Brita | Carvão | Concre<br>to | Metal | Microp<br>lástico | Tijolo | Antrop<br>oquina | Misto | Arenit<br>o | Telha/<br>Amiant<br>o | Azulej<br>o | Tinta | Vidro | Outros | Total | T.<br>Antro<br>Fraq |
| 16                      | 0           | 0       | 3     | 0      | 0            | 0     | 0                 | 1      | 0                | 0     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 4     | 4                   |
| 4                       | 0           | 0       | 53    | 1      | 4            | 1     | 0                 | 2      | 0                | 0     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 62    | 62                  |
| 2                       | 0           | 0       | 7     | 0      | 1            | 0     | 0                 | 0      | 1                | 0     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 8     | 8                   |
| 1,41                    | 38          | 1       | 68    | 3      | 15           | 0     | 1                 | 3      | 1                | 1     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 131   | 93                  |
| 1                       | 83          | 3       | 61    | 1      | 27           | 4     | 0                 | 0      | 0                | 1     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 180   | 97                  |
| 0,71                    | 164         | 0       | 94    | 2      | 33           | 3     | 0                 | 1      | 0                | 2     | 1           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 300   | 136                 |
| 0,5                     | 173         | 1       | 74    | 2      | 38           | 7     | 3                 | 2      | 0                | 0     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 300   | 127                 |
| 0,35                    | 234         | 1       | 33    | 1      | 28           | 0     | 1                 | 0      | 0                | 0     | 2           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 300   | 66                  |
| 0,25                    | 286         | 0       | 7     | 1      | 6            | 0     | 0                 | 0      | 0                | 0     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 300   | 14                  |
| 0,177                   | 285         | 0       | 3     | 0      | 9            | 0     | 2                 | 0      | 0                | 0     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 1      | 300   | 15                  |
| 0,125                   | 295         | 0       | 2     | 0      | 3            | 0     | 0                 | 0      | 0                | 0     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 300   | 5                   |
| 0,088                   | 291         | 4       | 1     | 0      | 4            | 0     | 0                 | 0      | 0                | 0     | 0           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 0      | 300   | 9                   |
| Total<br>Mat            | 1849        | 10      | 406   | 11     | 168          | 15    | 7                 | 9      | 2                | 4     | 3           | 0                     | 0           | 0     | 0     | 1      | 2485  | 636                 |